

Основана в 1947 году
Выпуск 1134

Scan Pirat

Ю.А.Быстров
А.П.Гапунов
Г.М.Персианов

Сто схем с индикаторами



Москва
«Радио и связь» 1990

ББК 32.844
Б 95
УДК 621.3.085.3

Рецензенты кандидаты техн. наук С. А. Бирюков, Е. Б. Иссерлин

Быстров Ю. А. и др.
Б 95 Сто схем с индикаторами / Ю. А. Быстров, А. П. Гапунов, Г. М. Персианов.— М.: Радио и связь, 1990.— 112 с.: ил.— (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1134).
ISBN 5-256-00651-7.

Изложены принципы построения устройств управления современными знакосинтезирующими индикаторами — полупроводниковыми, вакуумными люминесцентными, газоразрядными и вакуумными накаливаемыми. Приведены принципиальные схемы и даны описания разнообразных электронных устройств отображения информации на основе указанных индикаторов. Рассмотрены характерные особенности расчетов схем, монтажа и настройки. Книга снабжена необходимыми справочными материалами.
Для широкого круга радиолюбителей.

Б $\frac{2302020000-113}{046(01)-90}$ 40-90 **ББК 32.844**

Глава 1

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВАХ ОТОБРАЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

1.1. Современные индикаторы в радиолюбительской аппаратуре

В радиолюбительской, как и в профессиональной практике, всегда актуальной была задача отображения информации в виде, удобном для ее зрительного восприятия. В течение длительного периода ассортимент индикаторов был ограничен. Многие годы, например, в радиоприемниках в качестве индикатора настройки применялся лишь «глазок» — электронно-световой индикатор. Кстати, этот прибор был не чем иным, как вакуумным люминесцентным индикатором, намного опередившим появление других приборов этого типа. Для сигнализации десятилетиями использовались неоновые лампы, а единственным электронным индикатором была газоразрядная цифровая лампа.

В 60—70 гг. начал интенсивно развиваться новый класс электронных приборов — приборы для отображения информации. В эти же годы налаживается выпуск микросхем. Сочетание этих двух обстоятельств и привело к созданию компактных, экономичных, высокоинформативных электронных устройств отображения информации. В настоящее время наибольшее распространение у радиолюбителей получили полупроводниковые (в том числе дискретные светодиоды), вакуумные люминесцентные, газоразрядные и вакуумные накаливаемые индикаторы.

С помощью устройств отображения могут быть решены задачи сигнализации и индикации.

Сигнализация — это сообщение человеку о факте перехода контролируемой величины из одной области значений в другую. При визуальной сигнализации (а речь идет именно о ней) основным техническим средством является светоизлучающий или светоотражающий элемент, который осуществляет световое воздействие на человека. В качестве примеров устройств сигнализации можно привести сигнализаторы наличия питающего (сетевого) напряжения, перехода какого-то параметра за допустимые пределы, перегорания предохранителя и т. п.

Индикация — это представление результатов контроля или измерения. Контроль, как правило, осуществляется по принципу «больше — меньше», «есть — нет». Контролирующими устройствами являются пробники (в том числе и логические), не измеряющие напряжение, ток, сопротивление и т. д., а лишь фиксирующие их наличие или отсутствие. Сюда же можно отнести устройства

допускового контроля (информируют, находится ли контролируемая величина в заданном интервале значений или вышла за его пределы). Простейшими индикаторами, например, точной настройки радиоприемников могут быть индикаторы с одним — тремя дискретными светоизлучающими элементами, а также одно- и двухуровневые индикаторы. В многоуровневых устройствах наблюдается постепенный переход от контроля параметра к его количественной оценке: по мере роста числа индицируемых уровней получается устройство индикации с дискретным отсчетом значения величины. Шкальный индикатор может быть реализован на отдельных светоизлучающих элементах, а также на многоразрядном цифровом индикаторе (любого типа), где шкала складывается из отдельных сегментов.

Индикация может осуществляться не только в аналоговой, но и в цифровой форме. При этом можно отображать значения как электрических, так и неэлектрических величин, например времени, температуры и т. п.

Потребность в отображении текстовых сообщений в любительской практике встречается реже. Но и для этих случаев разработаны буквенно-цифровые индикаторы с увеличенным до 16—18 числом сегментов и наиболее совершенные — матричные.

1.2. Классификация индикаторов

В состав устройств отображения информации наряду с узлами приема, хранения и обработки сигналов входит индикатор, который, собственно, и обеспечивает связь человека с источником информации.

В последние годы проведен широкий круг исследований для создания компактных, надежных и экономичных индикаторов. В результате появилась большая группа приборов, как правило, хорошо совместимых с микросхемами управления.

Все индикаторы можно объединить в две большие группы: активные, в которых электрическая энергия преобразуется в световую, и пассивные, модулирующие внешний световой поток (от солнца или других источников, например электрических ламп) под действием электрического поля или тока. В активных индикаторах для преобразования электрической энергии в световую используются следующие физические эффекты: свечение накаленных тел в вакууме (в вакуумных накаливаемых индикаторах); низковольтная катодолюминесценция (в вакуумных люминесцентных индикаторах); излучение тлеющего газового разряда (в газоразрядных индикаторах); инжекционная электролюминесценция (в полупроводниковых индикаторах). В пассивных индикаторах непосредственно под воздействием электрического информационного сигнала изменяются их оптические показатели. Это позволяет модулировать свет, прошедший или отраженный от индикатора, внося в него пространственно-распределенную по сечеиию светового потока информацию. Для модуляции светового потока используют, например, ряд электрооптических эффектов в жидких кристаллах (жидкокристаллические индикаторы).

Индикаторы можно классифицировать и по принципу формирования изображения на знакомоделирующие (ЗМИ) и знакосинтезирующие (ЗСИ). Типичным примером знакомоделирующего индикатора является цифровой газоразрядный индикатор, изображение в котором повторяет форму десяти катодов (цифр от 0 до 9). Любое другое изображение в нем получить невозможно.

В знакосинтезирующих индикаторах изображение получается с помощью мозаики независимо управляемых элементов отображения, каждый из которых является преобразователем сигнал — свет. Это наиболее обширная группа современных индикаторов. Среди ЗСИ различают сегментные — индикаторы, элементы отображения которых являются сегментами и сгруппированы в одно (одноразрядный ЗСИ) или несколько (многоразрядный ЗСИ) знакомест, и матричные — индикаторы, элементы отображения которых образуют матрицу.

Сегментные ЗСИ могут индицировать только цифры (цифровой ЗСИ) или цифры и буквы русского и латинского алфавитов (буквенно-цифровой ЗСИ). В ряде случаев более удобной формой представления информации является аналоговая. При этом используются шкальные или цифроаналоговые ЗСИ.

1.3. Параметры и характеристики индикаторов

Параметры и характеристики индикаторов определены ГОСТ 29.05.002—82. Основные из них яркость, контрастность, светоотдача, амплитудная и частотная характеристики.

Яркость индикатора $L_и$ — среднее по площади значение яркости всех элементов отображения. Яркость характеризует излучение светящейся поверхности в данном направлении. (В отличие от силы света, относящейся к точечным источникам, понятие яркости применимо к любым источникам, имеющим конечные размеры.) Вычисление $L_и$ как среднего значения яркости отдельных элементов продиктовано тем, что даже при одинаковых информационных сигналах, подаваемых на них, яркость отдельных элементов имеет разброс.

Светящаяся поверхность, окружающая включенный элемент отображения, а также элементы, не входящие в данный момент в состав отображаемого знака, образуют собственный фон индикатора. Он характеризуется яркостью $L_ф$, которая представляет собой максимальное значение яркости информационного поля индикатора (независимо от того, приходится ли оно на невключенный элемент или на промежуток между элементами).

Контрастность индикатора характеризуется отношением $L_и/L_ф$.

Светоотдача — отношение испускаемого ЗСИ светового потока к мощности, затрачиваемой на возбуждение излучения. Если индикатор обладает недостаточной световой отдачей, то у него будет мала яркость свечения. Компенсация низкой светоотдачи может вызвать нежелательные последствия, такие как рост потребляемой мощности, повышение температуры прибора, уменьшение срока службы. Современные индикаторы для бытовой и радиолюбительской аппаратуры имеют светоотдачу от сотых долей до нескольких десятых люмена на ватт.

Излучение, испускаемое индикатором, как правило, не монохроматичное, а имеет некоторое спектральное распределение, описываемое спектральной характеристикой $p(\lambda)$, т. е. зависимостью относительной спектральной плотности излучения p от длины волны λ (рис. 1.1). Наблюдаемый цвет свечения в основном определяется положением максимума спектральной характеристики, хотя имеет значение и форма всей характеристики. Когда говорят о цветовом ощущении, имеют в виду аспект зрительного восприятия, позволяющий наблюдателю отличать один объект от другого, если различие между ними обусловлено только различием спектрального состава исходящего от них света (ГОСТ 13088—67).

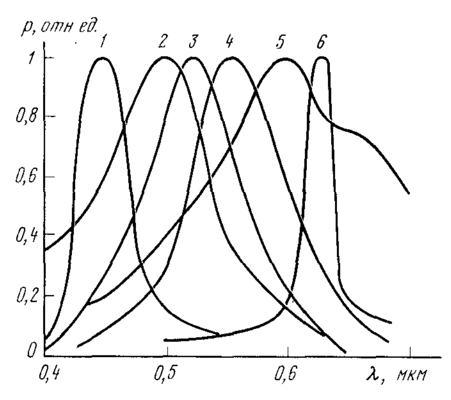


Рис. 1.1. Спектральные характеристики индикаторов с различным цветом свечения:

1 — синий; *2* — зеленый; *3*, *4* — кривые видности глаза, адаптированного на дневное освещение (*3*) и темноту (*4*); *5* — желтый; *6* — красный

Амплитудная характеристика индикатора — зависимость полезного выходного эффекта от воздействия на его вход. Под этим эффектом понимают образующиеся при отображении информации неоднородности яркости, доступные для обнаружения и измерения, а под воздействием — управляющее напряжение.

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) представляет собой зависимость амплитуды выходного сигнала от частоты входного. Она описывает инерционные свойства индикатора, которые во многом зависят от времен реакции и релаксации индикатора. Время реакции — время после подачи управляющего напряжения, в течение которого яркость изменяется от 10 до 90% максимального значения. Время релаксации — время после отключения управляющего напряжения, в течение которого яркость изменяется от 90 до 10% максимального значения.

1.4. Условия эксплуатации

Надежность восприятия информации зависит от параметров индикаторов, условий эксплуатации и необходимого уровня профессиональной подготовки человека, работающего с аппаратурой отображения.

Скорость и точность восприятия предъявляемой информации зависят прежде всего от яркости объекта наблюдения L, его углового размера α и освещенности E. Следует учитывать, что возможна взаимная компенсация в достаточно широких пределах значений величин L, E и α, так как любой паре из этих параметров соответствует некоторое значение третьего, позволяющее получить максимальный в данной ситуации уровень восприятия. Обычно выбирают оптимальные (их также называют рекомендуемые) значения параметров индикатора для конкретных условий эксплуатации и оптимальные условия эксплуатации для конкретных значений параметров индикатора. Допускается также такой режим работы, при котором один из параметров индикатора будет иметь предельно допустимое значение.

Применением дополнительных внешних устройств (светофильтров, мелкоструктурных сеток и т. д.) можно улучшить некоторые параметры, но одновременно ухудшить другие.

Расстояние l от наблюдателя до объекта и высота знака h определяют его угловой размер — угол между прямыми, проведенными из глаза наблюдателя к крайним по высоте точкам знака. Эти величины связаны между собой соотношением

$$\alpha = 2\,\mathrm{arctg}(h/2l).$$

Рекомендуемое расстояние $l_р$ и предельно допустимое $l_{п.д}$ определяют соответственно при $\alpha = \alpha_р$ и $\alpha = \alpha_{п\,д}$. Воспользовавшись приведенным выражением, можно построить номограмму, которая позволит по любым двум величинам определить третью.

Максимальный угол между нормалью к плоскости информационного поля индикатора и направлением наблюдения, при котором обеспечивается безошибочное восприятие отображаемой информации, называется углом обзора β.

В ГОСТе определены условия эксплуатации для некоторых типов ЗСИ. Приводимые там данные дают возможность построить для этих индикаторов зависимости оптимальных и предельно допустимых значений L, E и β от α.

1.5. Системы адресации

Существует два основных режима работы ЗСИ: статическая и динамическая индикация. В первом режиме всеми элементами отображения (ЭО) управляют одновременно и выключают их только при обновлении информации. Статическая индикация может быть непрерывной или импульсной в зависимости от того, приложено управляющее напряжение к элементам постоянно или периодически (рис. 1.2, *а*, *б*). При динамической индикации (рис. 1.2, *в*) отдельные элементы отображения включают в разные моменты в течение кадра $T_к$. Очевидно, что за этот промежуток должны быть перебраны все элементы отображения. Следовательно, скважность q управляющих импульсов обратна пропорциональна числу элементов отображения (рис. 1.2, *в*).

Поскольку глаз человека воспринимает среднюю яркость (а не импульсную), скважность управляющих импульсов имеет большое значение. В самом деле, при

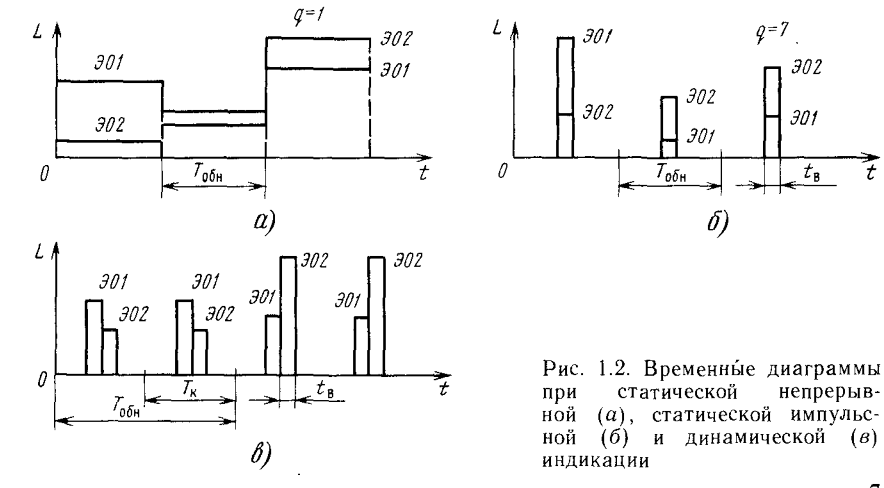
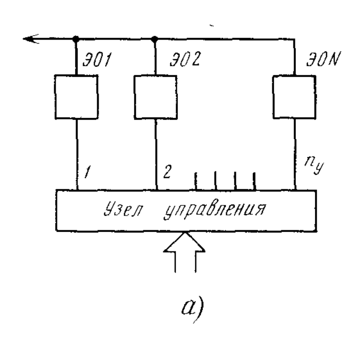


Рис. 1.2. Временные диаграммы при статической непрерывной (*а*), статической импульсной (*б*) и динамической (*в*) индикации



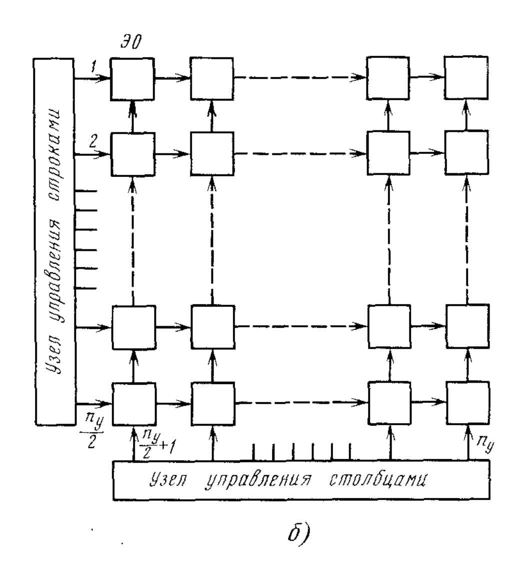


Рис. 1.3. Включение элементов отображения при однокоординатной (*а*) и двухкоординатной матричной (*б*) адресациях

статической индикации со скважностью $q=1$ воспринимаемая яркость не отличается от яркости элементов отображения в течение периода обновления информации $T_{обн}$, в то время как при $q>1$ $L_{ср}=L_{имп}/q$ (и для статической импульсной, и для динамической индикации). Время, в течение которого к элементам изображения приложено напряжение, т. е. время выборки для статической непрерывной, статической импульсной и динамической индикации, соответственно составляет

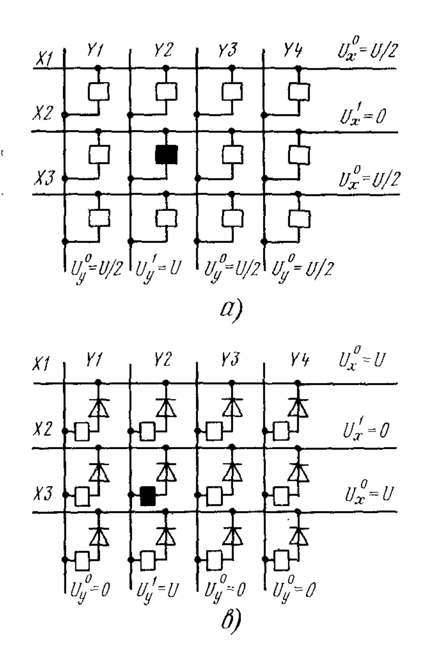
$$t'_в=T_{обн};\ t''_в=T_{обн}/q;\ t'''_в=T_к/q,$$

причем $T_к \leqslant T_{обн}$.

Известны две системы адресации: однокоординатная и двухкоординатная матричная адресация.

Однокоординатная адресация. При такой системе адресации каждый из элементов отображения имеет два независимых входа, подключаемых к узлу управления так, как показано на рис. 1.3, *а*. Независимость входов позволяет организовать статическую индикацию, т. е. ограничиться небольшими значениями яркости и значительными временами выборки. С другой стороны, при такой адресации число каналов управления равно числу элементов отображения, а число выводов у индикатора на один больше. На практике это может привести к тому, что у индикатора будут десятки выводов. Поэтому однокоординатная адресация применима лишь для цифровых индикаторов с одним — четырьмя разрядами.

Двухкоординатная матричная адресация. Чтобы применить эту систему, элементы отображения нужно объединить в строки и столбцы, которые следует подключить к соответствующим узлам управления (рис. 1.3, *б*). Элементы отображения включатся, когда сумма сигналов на его входах превысит некоторый пороговый уровень. Применение матричной адресации позволяет уменьшить число выводов индикатора $n_{выв}$ и каналов управления $n_у$: $n_{выв}=n_у=2\sqrt{n_{ЭО}}$, где



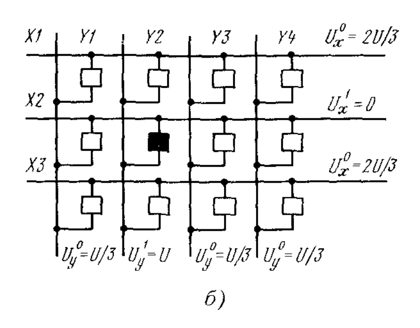


Рис. 1.4. Методы адресации: «схема 2:1» (*а*); «схема 3:1» (*б*); схема для ЭО с выпрямляющими свойствами (*в*)

$n_{ЭО}$ — число элементов отображения, а результат вычисления корня округляют до большего целого числа.

При матричной адресации помимо выбранных (адресованных) элементов отображения могут частично возбудиться и другие — неадресованные. Предположим, что для включения элементов отображения к строке и столбцу (рис. 1.4, *а*) приложены соответственно напряжения $U_x^1=0$ и $U_y^1=U$. Пусть, к примеру, эти напряжения приложены к строке X2 и столбцу Y2. Тогда разность потенциалов между входами выбранного элемента отображения, находящегося на пересечении второй строки и второго столбца, $U^1=U_y^1-U_x^1=U$. Между входами других элементов строки X2 и столбца Y2 разность потенциалов $U^0=$ $=U/2$. Следовательно, $(U^1/U^0)_{min}=2:1$.

Если амплитудная характеристика не обладает ярко выраженным порогом (или нелинейностью), то невыбранные элементы отображения строки X2 и столбца Y2 также окажутся возбужденными и будут светиться. К числу достоинств такой адресации можно отнести лишь необходимость двух уровней управляющих напряжений.

Более целесообразно выбрать $U_x^0=2U/3$ и $U_y^0=U/3$ (рис. 1.4, *б*). Тогда $U^1/U^0=3$, а напряжение равномерно делится между тремя последовательно включенными невозбуждаемыми элементами отображения. Требования к амплитудной характеристике в этом случае менее жесткие, однако необходимо иметь уже не два, а три уровня управляющего напряжения.

Если элемент отображения обладает выпрямляющими свойствами, метод адресации становится наиболее простым. Выбранную строку соединяют общим проводом ($U_x=0$), а на столбец подают полное напряжение $U_y^1=U$ (см. рис.

1.4, *в*). Отношение напряжений U^1/U^0 определяется прямым и обратным сопротивлениями элемента отображения:

$$U^1/U^0 = (R_{ЭО\,обр} - R_{ЭО\,пр})/R_{ЭО\,пр}.$$

Оно многократно превышает аналогичную величину для двух других описанных вариантов адресации. Фактически на невыбранных элементах отображения напряжение теперь равно нулю. Такой же результат получится, если последовательно с каждым элементом включить диод.

Обратим внимание на то, что в статическом режиме при матричном соединении можно возбудить одновременно любое число элементов отображения, только когда они расположены в одной строке или столбце. Если нужно сформировать двумерное изображение, то переходят к динамической двухкоординатной матричной адресации, применяя либо поэлементную либо построчную выборку элементов отображения.

Поэлементная выборка предполагает последовательный опрос всех элементов отображения индикаторного поля. Очевидно, что скважность управляющих импульсов и излучаемых импульсов определяется числом элементов изображения: $q = n_{ЭО\,стр} n_{ЭО\,столб}$, где $n_{ЭО\,стр}$ и $n_{ЭО\,столб}$ — число элементов отображения в строке и в столбце. Она может оказаться недопустимо большой. В любом случае поэлементная выборка требует мощных и быстродействующих ключей и безынерционных индикаторов с большой импульсной яркостью.

Более распространена построчная выборка, когда опрашивается строка за строкой (или столбец за столбцом), а в ней одновременно возбуждаются все необходимые элементы отображения. Тогда $q = n_{ЭО\,стр}$ (или $q = n_{ЭО\,столб}$) и требования к узлу управления и индикатору снижаются.

Сравнительный анализ однокоордиатной и двухкоординатной адресаций, показывает, что при двухкоординатной адресации заметно сокращается число выводов индикатора и узла управления, одновременно уменьшаются (чем больше число строк и столбцов — тем сильнее) средняя яркость и контрастиость. Повышаются требования к узлу управления.

1.6. Управление сегментными индикаторами

При отображении цифровой информации с незначительным числом разрядов, как правило, используется однокоординатная адресация. Структурная схема одного из вариантов устройства отображения с сегментными индикаторами приведена на рис. 1.5, *а*. Оно содержит счетчик Сч импульсов, дешифратор Дш, преобразующий код счетчика в позиционный код индикатора, формирователь Ф сигналов, необходимых для возбуждения элементов отображения. Частота смены информации на индикаторе И здесь определяется частотой смены данных в счетчике и может быть достаточно большой. Чтобы увеличить время индикации, в устройство вводят регистр-фиксатор Рг (рис. 1.5, б). В этом случае частота подачи сигналов записи «Зп», по которым в регистр Рг заносится текущее состояние счетчика, определяется возможностями оператора (или скоростью обновления информации).

Рассмотренные устройства практически не применяются для отображения букв, поскольку при этом отчетливо проявляется основной недостаток однокоор-

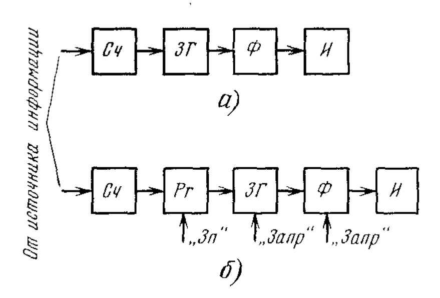


Рис. 1.5. Структурная схема устройства отображения с однокоординатной адресацией

динатной адресации — большое число соединений: для синтеза букв нужно значительно больше элементов отображения, чем при формировании цифр.

Устройства отображения, в которых используется динамический режим работы, можно разделить на три группы: с параллельным, последовательным и комбинированным способами опроса.

В устройствах первой группы число проводников n, соединяющих источник информации с индикатором, максимально. Оно составляет $n = mN$, где m и N — соответственно число кодовых выходов в одном разряде и число десятичных разрядов. При последовательном опросе информация с выхода индицируемой аппаратуры поступает на устройство отображения последовательно, в единичном коде или в виде кодовых посылок, разряд за разрядом. Число соединительных проводников в этом случае минимально, однако резко возрастает сложность оборудования из-за многократных преобразований.

Применение комбинированных способов временно́го разделения (рис. 1.6) информации является компромиссным решением, позволяющим получить оптимальное соотношение между числом соединительных проводников и количеством дополнительного «оборудования». Комбинированные способы опроса можно разделить на поразрядный, когда информация с кодовых выходов каждого разряда поступает на коммутатор параллельно, а с выхода коммутатора — последовательно, разряд за разрядом, и последовательно-параллельный, когда кодовые выходы каждого разряда опрашиваются последовательно, друг за другом, а результаты опроса одноименных кодовых выходов во всех разрядах передаются одновременно. Поразрядный опрос наиболее естественно вписывается в приборы с поразрядной обработкой информации, уже имеющие, как правило, необходимый коммутатор. Число соединительных проводников при этом равно числу кодовых выходов в одном разряде : $n = m$.

В последовательно-параллельных вариантах индикации опрос по кодовым выходам соединительных проводников (при этом их столько же, сколько и десятичных разрядов) применяется редко. Значительно чаще встречается преобразование потенциального кода на выходах индицируемых декад в динамический фазоимпульсный код. Преобразование ведется по методу одноименной подачи тактовых импульсов на счетные входы индицируемых декад (досчетом) или сравнением кодов с предварительным преобразованием потенциального кода в аналоговую величину — напряжение или временно́й интервал.

Число соединений преобразователя кодов с индикаторами прежде всего зависит от типа индикаторов. При выводе информации на ЗМИ (например, знаковые газоразрядные) знаки включаются либо во всех разрядах, либо раз-

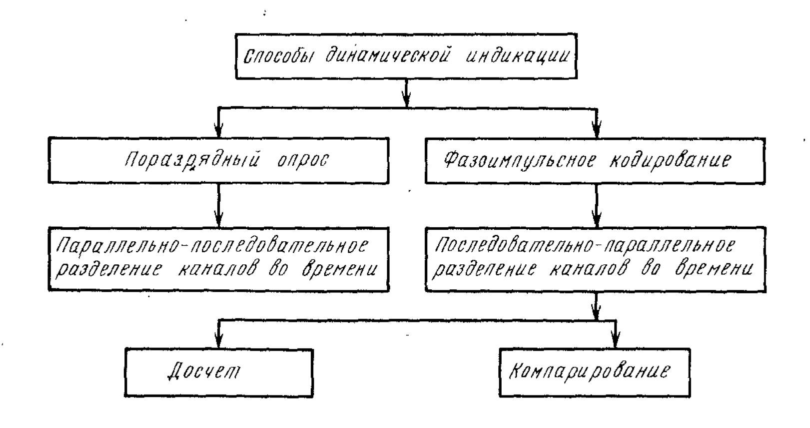


Рис. 1.6. Классификация способов динамической индикации

ряд за разрядом. Характерной особенностью узлов вывода на ЗМИ является наличие знакогенератора, выходы которого соединены с одноименными знаками всех разрядов. Последовательиое включение знаков разряд за разрядом обычно сочетается с параллельно-последовательными методами опроса, а параллельное — с фазоимпульсными методами. Число соединений цифровых индикаторов с выходами преобразователя кода $n=N+k$, где k — число выводов знакогенератора, равное длине алфавита индикатора.

Особенностью устройств вывода информации на сегментные индикаторы является объединение одноименных сегментов и подключение их к коммутатору сегментов. Включение индикаторов может быть одновременным и последовательным. Возможно и поэлементное включение, когда коммутатор опрашивает поочередно одноименные сегменты во всех разрядах, а индикатор включается при подаче разрешающего сигнала на общий электрод. Однако при этом на каждый разряд требуется дешифратор. Число линий, соединяющих цифровые индикаторы с выходами преобразователя кодов, $n=N+l$, где l — число сегментов в индикаторе.

Глава 2

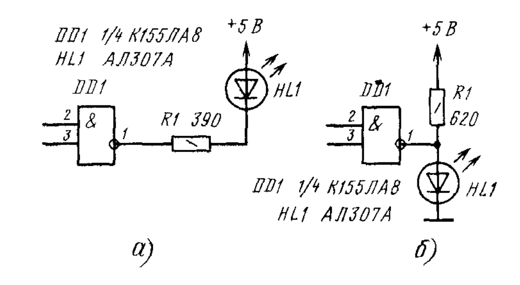
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ИНДИКАТОРЫ

2.1. Схемы включения

В полупроводниковых индикаторах (ППИ) при протекании через них прямого тока происходит инжекция неосновных носителей заряда в базовую область диодной структуры. Процесс рекомбинации этих носителей в базовой области и в p-n переходе сопровождается переходом их на более низкий энерге-

Рис. 2.1. Схемы присоединения светодиодов к логическому элементу:

а — при низком уровне сигнала на выходе логического элемента; *б* — при высоком



тический уровень с излучением кванта света. Ширина запрещенной зоны определяет цвет свечения индикатора (красный, желтый, зеленый и оранжевый).

Простейшими ППИ являются дискретные светодиоды (СД). Помимо светодиодов отечественная промышленность выпускает цифровые и буквенно-цифровые одно- и многоразрядные, шкальные и матричные ППИ. Эти индикаторы характеризуются высокой яркостью, значительным сроком службы, низким рабочим напряжением. А главное, в отличие от других индикаторов, в ППИ нет вакуумной оболочки, у них очень мала инерционность и они стойки к механическим воздействиям.

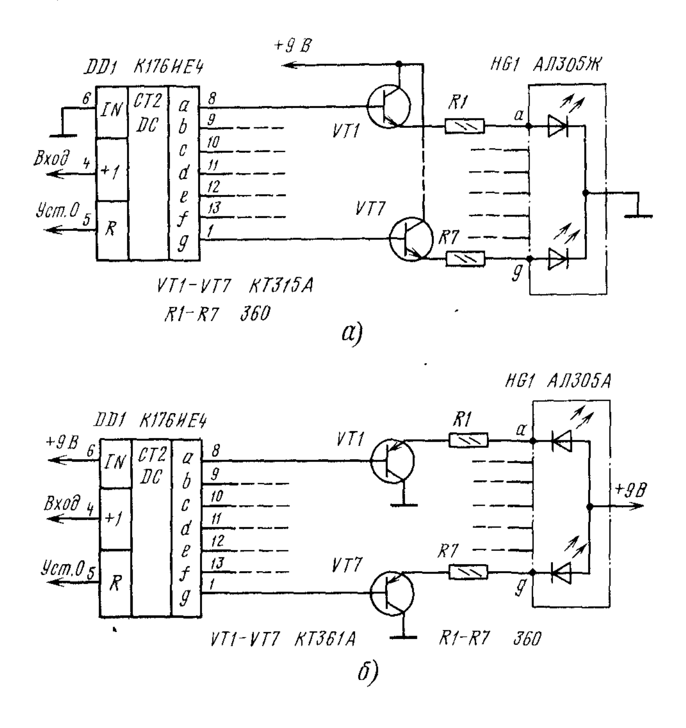


Рис. 2.2. Схема подключения к микросхеме К176 ППИ с общими катодом (*а*) и анодом (*б*)

Малое постоянное прямое напряжение, необходимое для создания в ППИ смещения p-n перехода и тока через них от 5 до 20 мА, позволяет применять ППИ совместно с цифровыми микросхемами. Светодиоды можно включать так, чтобы они зажигались или при низком (рис. 2.1, *а*), или при высоком (рис. 2.1, *б*) уровне сигнала на выходе логического элемента.

На рис. 2.2 показаны схемы подключения цифрового ППИ с общим катодом (рис. 2.2, *а*) и общим анодом (рис. 2.2, *б*). Подбором резисторов R1 — R7 в пределах 300 Ом...2 кОм устанавливают необходимый ток через сегменты индикатора.

Если ППИ работает при токах до 5 мА, то его можно непосредственно соединить с микросхемой.

Согласование счетчиков К176ИЕ3 и К176ИЕ4 с ППИ с общим анодом (например, АЛ305А, АЛС324Б и др.) можно осуществлять и через микросхемы К176ПУ1 — К176ПУ3 (рис. 2.3). При этом помимо напряжения 9 В, подаваемого на вывод 6 преобразователя DD2 и DD3, на их вывод 1, а также на индикатор HG1, подают напряжение 5...9 В. Сопротивление резисторов R1 — R7 должно быть в пределах 200 Ом (при напряжении 5 В) ...10 кОм (при 9 В).

Аналогично счетчикам К176ИЕ3 и К176ИЕ4 с семисегментными ППИ можно согласовать микросхему К176ИД2. Ток короткого замыкания у нее больше, чем у счетчиков. Это позволяет подключать выходы К176ИД2 непосредственно к ППИ АЛ305, АЛС321, АЛС324. Следует, однако, учесть, что разброс яркости свечения сегментов при этом весьма заметен, а сама яркость может быть ниже номинальной.

На дешифраторе К176ИД2 совместно с микросхемами К176ИЕ12 и К176ИЕ13 можно собрать электронные часы с динамическим представлением информации (рис. 2.4). Транзисторные ключи VT1 — VT5 включены по схеме эмиттерного повторителя. Резисторы R2 — R8 ограничивают ток через сегменты. Импульсный ток через каждый сегмент (при номинальном значении резисторов) достигает 35 мА. Этого тока достаточно для нормальной работы индикаторов АЛ305А, АЛС324Б, АЛС321Б и им подобных. Катодные ключи можно выполнять на любых транзисторах структуры p-n-p с допустимым коллекторным током не менее

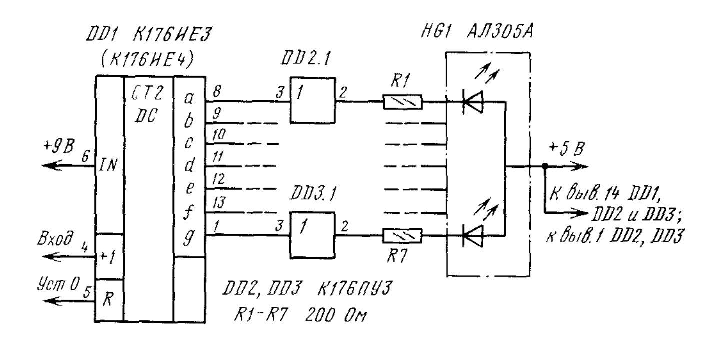


Рис. 2.3. Схема согласования счетчиков К176ИЕ3 и К176ИЕ4 с ППИ с общим анодом

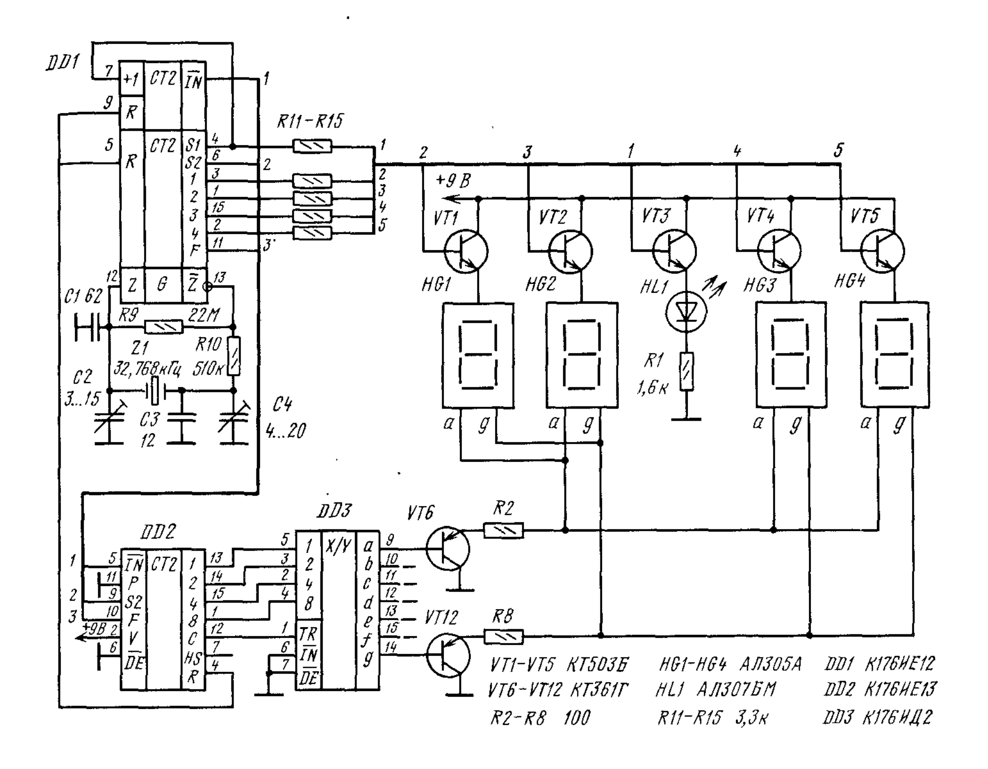


Рис. 2.4. Схема подключения к микросхемам К176ИЕ12 и К176ИЕ13 ППИ с общим анодом

35 мА. Анодные ключи (VT6 — VT12) должны быть рассчитаны на ток 35× ×7=245 мА; поэтому в них работают транзисторы, рассчитанные на такой ток, с коэффициентом передачи по току не менее 120 (КТ3117, КТ503, КТ815) либо составные транзисторы, например КТ315 плюс КТ503 или КТ315 плюс КТ502. Транзистор VT3 — любой маломощный структуры n-p-n.

Если необходимо использовать ППИ с общим катодом, эмиттерные повторители, подключаемые к анодам (VT6 — VT12), выполняют на транзисторах структуры n-p-n (например, серии КТ315). Для подачи импульсов на катоды ППИ следует собирать ключи на n-p-n транзисторах по схеме с общим эмиттером. Их базы соединяют с выходами 1—4 микросхемы К176ИЕ12 через резисторы сопротивлением 3,3 кОм. Требования к этим транзисторам те же, что и к транзисторам анодных ключей, работающим совместно с ППИ с общим анодом.

Полупроводниковые индикаторы с общим катодом (АЛ304А — АЛ304В, АЛ305Ж — АЛ305Л и т. п.) согласуют со счетчиками-дешифраторами серии К176 с помощью аналоговых коммутаторов серии К190 (рис. 2.5). При этом можно независимо выбирать напряжения питания счетчиков-дешифраторов и ано-

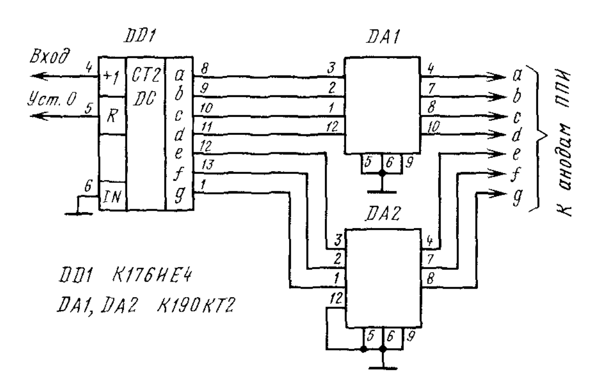


Рис. 2.5. Схема согласования счетчиков-дешифраторов серии К176 с ППИ с общим катодом

да индикатора. Напряжение на аноде индикатора определяет яркость свечения индикатора.

Дешифратором сигналов двоично-десятичного кода для семисегментного ППИ с общим анодом, например АЛ305А или АЛС324Б, является микросхема К155ПП5 (рис. 2.6, *а*). Чтобы ограничить ток через элементы, между катодами индикатора и выходами микросхемы включают резисторы, сопротивление которых определяют исходя из рабочего тока. Через вход Е (вывод 3) управляют свечением ППИ. Если на этот вход подано напряжение низкого уровня (лог. «0»), индикатор светится, если напряжение высокого уровня (лог.«1») — гаснет. (Напряжению низкого уровня соответствует напряжение 0,4 В, напряжению высокого уровня — 2,4 В.)

Микросхемы КМ155ИД8А (КМ155ИД8Б) и КМ155ИД9 — дешифраторы сигналов двоично-десятичного кода 1-2-4-8 в напряжения управления индикаторами, состоящими соответственно из 20 и 27 отдельных светодиодов (рис. 2.6, *б*, *в*). К каждому информационному выходу микросхем подключают один или два последовательно соединенных светодиода, к которым подводят напряжение питания 5 В. На рис. 2.6, *б*, *в* в кружках, условно изображающих светодиоды, указаны номера соединяемых с ними выводов микросхем. Все преобразователи имеют открытые коллекторные выходы и содержат «встроенные» ограничительные резисторы двух номиналов, причем у выходов, рассчитанных на подключение двух светодиодов, сопротивление резистора меньше. Это позволяет получить одинаковый ток через все светодиоды: 10 мА в КМ155ИД8А и КМ155ИД9 и 15 мА в КМ155ИД8Б. При подаче сигналов, соответствующих числам 0—9, на индикаторах отображаются эти же числа, числу 10 соответствует знак «—», числу 11 — буква Е. Если же сигналы в двоично-десятичном коде представляют числа 12—15, ни один из светодиодов не зажигается.

Дешифратор КМ155ИД9 может работать совместно и с ППИ, имеющим общий анод. При необходимости число светодиодов, которыми управляет эта микросхема, можно увеличить до 27 или 34. Для этого к ее выводам 1, 9, 10, 11,

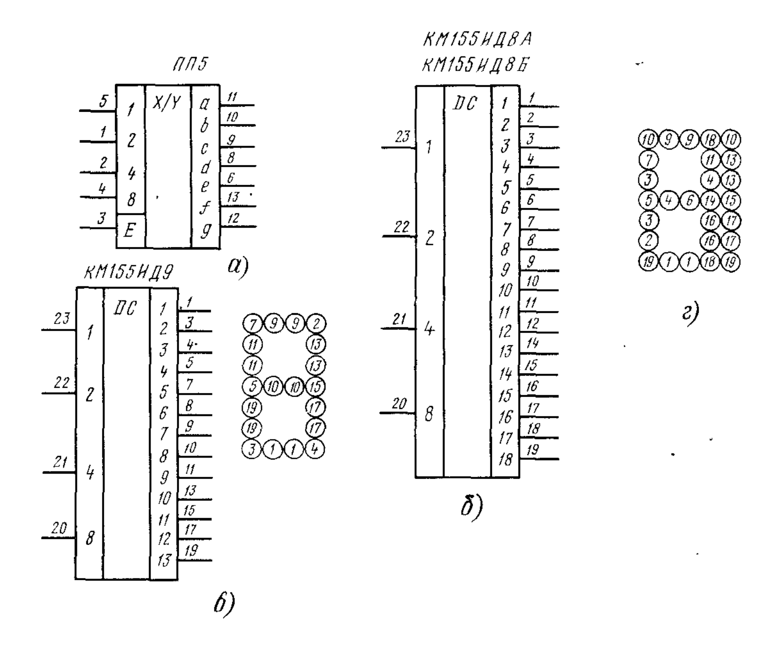


Рис. 2.6. Условные обозначения дешифраторов двоично-десятичного кода:
а — К155ПП5; *б* — КМ155ИД8А (КМ155ИД8Б); *в* — КМ155ИД9

13, 17, 19 подключают не два, а соответственно три или четыре соединенных последовательно светодиода и повышают напряжение питания до 7 или 9 В. Для управления семисегментным ППИ используют выводы 9, 13, 17, 1, 19, 11, 10.

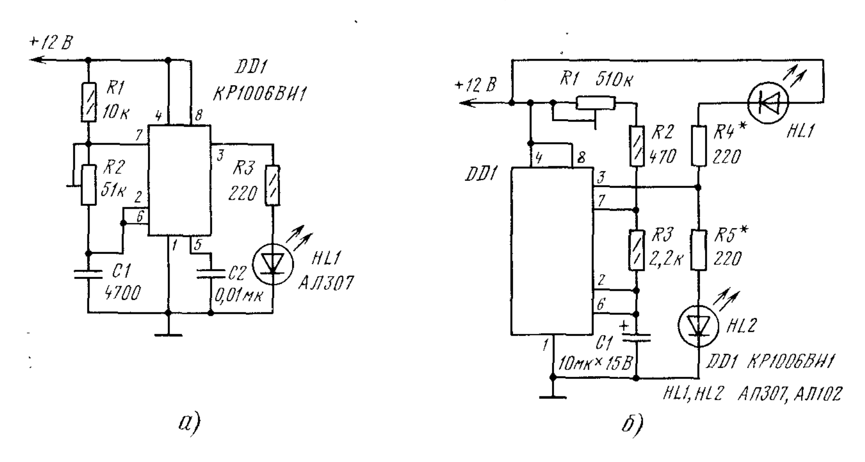


Рис. 2.7. Схемы излучателей на основе таймера КР1006ВИ1:
а — с одним светодиодом; *б* — с двумя светодиодами

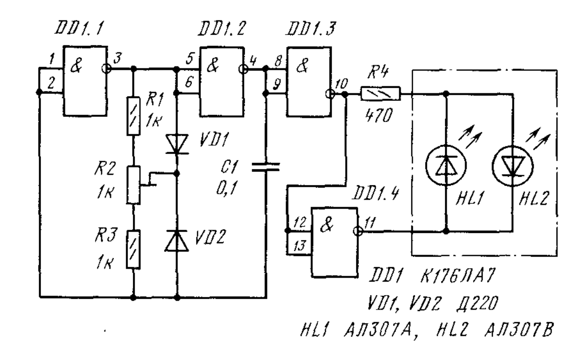


Рис. 2.8. Схема четырехцветного устройства на основе двух светодиодов

В ряде устройств, например в устройствах задания временны́х интервалов, часто необходим излучатель. Схема простейшего излучателя на основе светодиода и интегрального таймера приведена на рис. 2.7, *а*. Таймер КР1006ВИ1 включен по схеме автоколебательного мультивибратора, вырабатывающего импульсы с частотой следования около 5 кГц. Его нагрузка — светодиод HL1, излучение которого оказывается промодулированным этой частотой.

На основе таймера КР1006ВИ1 можно собрать низкочастотный излучатель, состоящий из двух светодиодов (рис. 2.7, *б*). Подбором резисторов R4, R5 устанавливается ток светодиодов. Частоту следования импульсов регулируют подстроечным резистором R1. При указанных на схеме номиналах диапазон частот излучателя составляет 0,3...25 Гц.

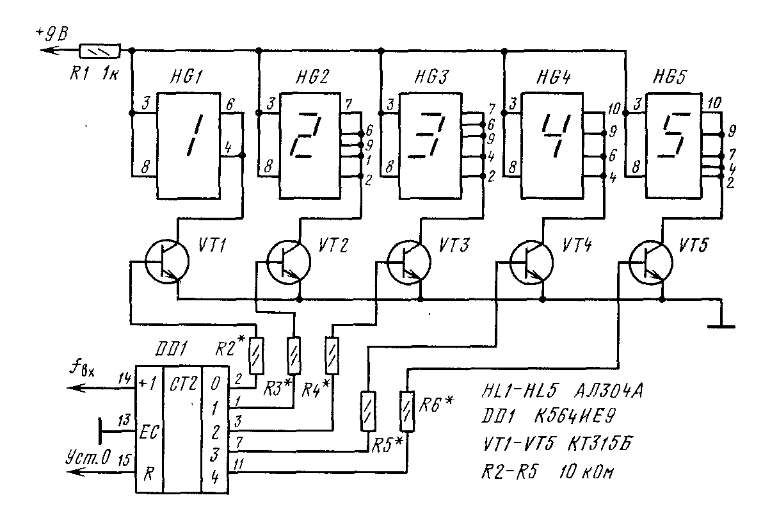


Рис. 2.9. Схема для отображения фиксированных цифр

В схеме, приведенной на рис. 2.8, содержатся два светодиода (зеленого и красного свечения); однако при соответствующем управлении ими можно получить четыре цвета: зеленый, желтый, оранжевый и красный. Если конструктивно объединить светодиоды в одном корпусе и поочередно включать их, исходные цвета будут смешиваться при восприятии глазом. Причем продолжительность свечения того или иного светодиода и определит итоговый цвет, воспринимаемый глазом.

На элементах DD1.1, DD1.2 собран стабильный мультивибратор с регулируемой скважностью и частотой следования импульсов 100...200 Гц. Светодиоды включены между выходами элементов DD1.3 и DD1.4. Меняя резистором R2 скважность импульсов, добиваются желаемого цвета свечения.

В некоторых устройствах бывает необходимо отображать фиксированные цифры. Эту задачу легко решить с помощью счетчика и ключевых транзисторов (рис. 2.9). С приходом очередного импульса открывается один из транзисторов VT1 — VT5 и соответствующий индикатор (HG1 — HG5) высвечивает заранее выбранную цифру (в данном случае, например, от 1 до 5).

2.2. Устройства сигнализации

В цепях сигнализации радиолюбительских конструкций светодиоды практически вытеснили неоновые лампы. Это оправдано не только техническими, но и эстетическими показателями светодиодов, отлично вписывающихся в оформление современной аппаратуры. На рис. 2.10 приведена схема узла, сигнализирующего о наличии сетевого напряжения. Резистор R1 ограничивает прямой ток через светодиод HL1. Применение в качестве балластного элемента конденсатора C1, а не резистора позволило улучшить тепловой режим узла. При отрицательной полуволне сетевого напряжения (на верхнем по схеме сетевом проводе) стабилитрон VD1 работает как обычный диод, предохраняя светодиод от пробоя обратным смещением. При положительной полуволне основной ток протекает через светодиод, так как стабилитрон в это время закрыт. Стабилизация используется только при включении прибора в сеть: фиксируя напряжение на цепи HL1, R1, он ограничивает тем самым бросок тока через светодиод.

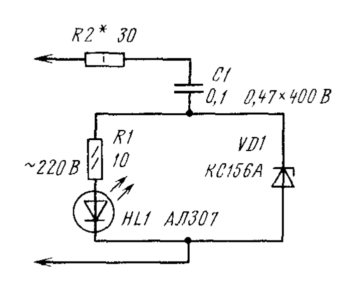


Рис. 2.10. Схема узла сигнализации о наличии сетевого напряжения

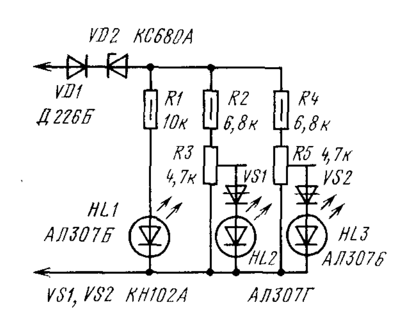


Рис. 2.11. Схема устройства, сигнализирующего об отклонении сетевого напряжения

Напряжение стабилизации стабилитрона выбирается выше, чем прямое падение напряжения на используемом светодиоде. Конкретная емкость конденсатора C1 зависит от требуемого прямого тока через светодиод.

Еще одно применение светодиодов в цепях сигнализации иллюстрирует схема на рис. 2.11. На трех светодиодах выполнено устройство, информирующее об отклонениях сетевого напряжения от номинального значения. Особенностями устройства являются свечение индикатора при каждом положительном полупериоде сетевого напряжения, но лишь при определенной его амплитуде, равной порогу срабатывания, и погасание при снижении мгновенного значения напряжения до нуля. Это исключает явление гистерезиса и повышает точность индикации.

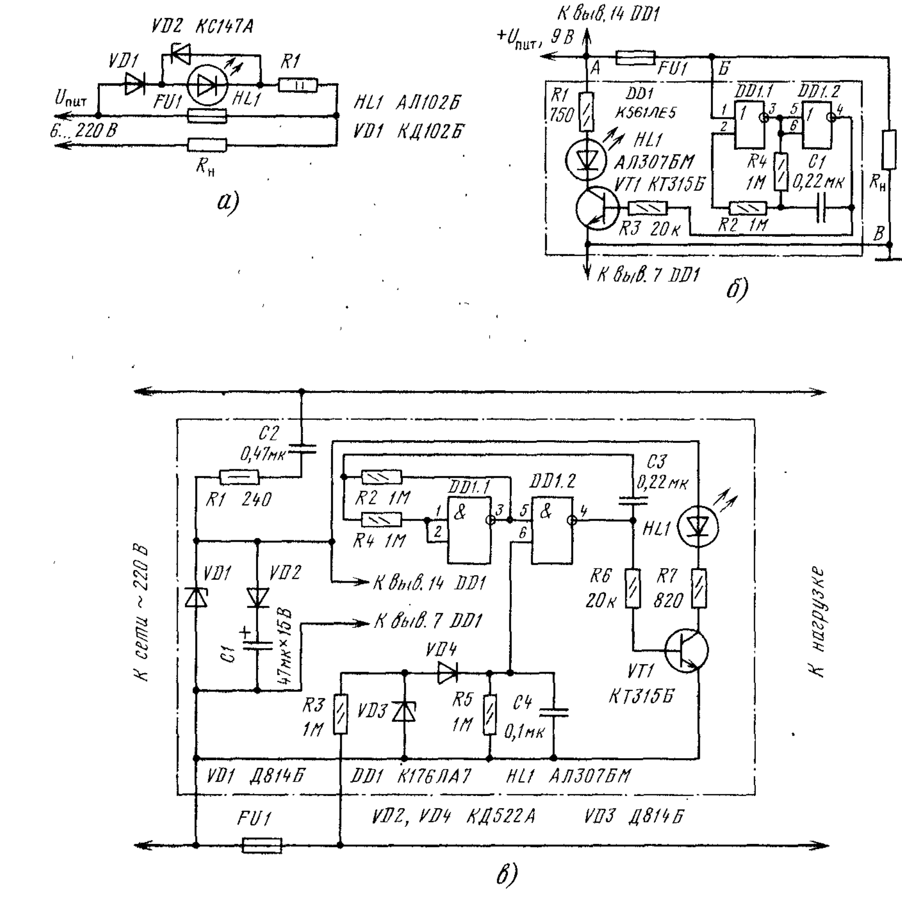


Рис. 2.12. Схемы сигнализации о выходе из строя предохранителя

Так как на входе находится ограничитель напряжения из диода VD1 и стабилитрон VD2, прибор можно включать как в сетевую розетку, так и в розетку автотрансформатора. Светодиод HL1 индицирует о наличии сетевого напряжения. Цепи, состоящие из делителей напряжения R2, R3 и R4, R5, пороговых устройств на динисторах VS1, VS2 и включенных последовательно с ними светодиодов, предназначены непосредственно для индикации отклонений напряжения. Подстроечным резистором R3 устанавливают нижний порог срабатывания, когда сетевое напряжение ниже номинального на 5%, и R5 — верхний порог, когда сетевое напряжение выше номинального на 5%. Если сетевое напряжение в норме, горят светодиоды HL1 и HL2. При понижении напряжения гаснет HL2, при повышении — зажигается HL3.

Налаживание устройства заключается в регулировке порогов срабатывания при подаче на вход необходимых напряжений.

Узел, собранный по схеме на рис. 2.12, *а*, сигнализирует (включением светодиода HL1) о перегорании предохранителя FU1. Если предохранитель цел, падение напряжения на нем очень мало и светодиод не светится. При перегорании предохранителя или отсутствии контакта в держателе напряжение $U_{пит}$ через небольшое сопротивление нагрузки $R_н$ прикладывается к цепи индикатора и светодиод HL1 зажигается.

Резистор R1 выбирают из условия, что через элемент HL1 будет протекать требуемый ток 5...10 мА. Диод VD1 защищает светодиод от обратного напряжения и выпрямляет переменное напряжение. Стабилитрон VD2 предохраняет HL1 от перегрузки прямым током. Сопротивление резистора R1 можно вычислить по формуле

$$R1 = (U_{пит} - U_{VD1} - U_{HL1} - I_{HL1}R_H)/I_{HL1},$$

где U_{VD1}, U_{HL1} — падения напряжения на элементах VD1 и HL1; I_{HL1} — рабочий ток светодиода.

Необходимо отметить, что при питании нагрузки переменным током в формулу вместо $U_{пит}$ следует подставлять $0{,}5U_{пит}$. Если напряжение не менее 27 В и мощность нагрузки более 15 Вт, сопротивление резистора R1 можно определять по упрощенному выражению

$$R1 = U_{пит}/I_{HL1}.$$

Устройство сигнализации об исправности предохранителя, приведенное на рис. 2.12, *б*, предназначено для работы с предохранителем в сети низковольтного (9 В) питания. На логических элементах DD1.1 и DD1.2 собран мультивибратор. Он генерирует импульсы, если на вывод 1 DD1.1 подано напряжение низкого уровня (лог. «0»), и не работает — если подано напряжение высокого уровня (24 В). Транзистор VT1, в коллекторной цепи которого находится светодиод HL1, усиливает выходной сигнал мультивибратора.

При исправном предохранителе FU1 точки А и Б практически соединены между собой и на выводе 1 DD1.1 присутствует напряжение высокого уровня. На выходе элемента DD1.1 в этом случае также будет напряжение высокого уровня. Транзистор VT1 окажется открытым, а HL1 включенным. Если FU1 перегорит, вывод 1 DD1.1 соединится с общим проводом через малое внутреннее сопротивление защищаемого устройства, что эквивалентно подаче на этот вывод напряжения низкого уровня, разрешающего работу мультивибратора.

Светодиод начинает мигать. Длительность импульсов определяется параметрами цепи R4, C1. Рекомендуемый интервал сопротивлений R4 составляет 30...1800 кОм. При указанных на схеме номиналах деталей длительность импульса и паузы равны 0,2 с.

Устройство сигнализации об исправности сетевого предохранителя (рис. 2.12, *в*) содержит значительное число деталей, но может работать в широком интервале изменений напряжения (100...260 В). Мультивибратор на элементах DD1.1, DD1.2 и цепь индикации, схожие с приведенными на рис. 2.12, *б*, питаются от параметрического стабилизатора — выпрямителя с емкостным фильтром, выполненным на элементах C2, R1, VD1, VD2, C1. Роль токоограничительного резистора играет конденсатор C2 с номинальным напряжением 400 В, который на частоте 50 Гц имеет емкостное сопротивление около 6,8 кОм. Это позволяет резко снизить потребляемую мощность. Резистор R1 ограничивает скачок тока через стабилитрон VD1 при включении питания, когда конденсатор C1 разряжен. Цепь R3, VD3, VD4, R5, C4 формирует напряжения низкого и высокого уровней, управляющие работой мультивибратора.

При исправном предохранителе FU1 резистор R3 подключен к нижнему по схеме сетевому проводу. Диод VD4 закрыт и через резистор R5 на вывод 6 DD1.2 поступает напряжение низкого уровня; HL1 светится непрерывно. При

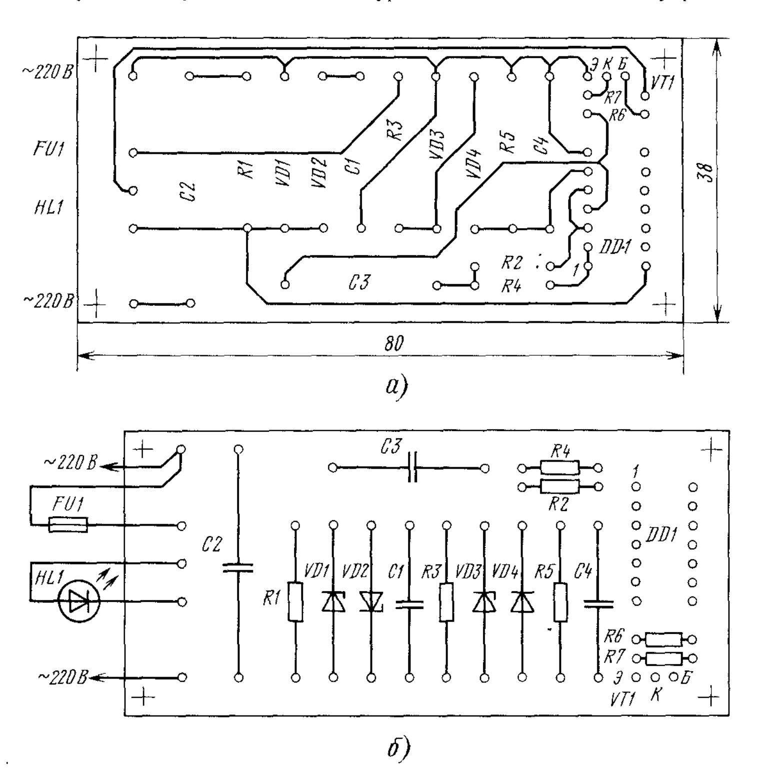


Рис. 2.13. Печатная плата сигнализатора (рис. 2.12, *в*)

перегорании предохранителя резистор R3 через внутреннее сопротивление нагрузки подключается к верхнему сетевому проводу и на выводе 6 DD1.2 напряжение низкого уровня (лог. «0») меняется на напряжение высокого уровня (лог. «1»), начинает генерировать мультивибратор и светодиод работает в импульсном режиме.

Выводы питания микросхем подключают к стабилитрону VD1. Индикатор работоспособен при переменном и импульсном напряжениях любой частоты, но при соответствующем подборе конденсатора C2.

На рис. 2.13 приведен чертеж печатной платы сигнализатора.

2.3. Устройства индикации

Как уже отмечалось, индикацией называется представление результатов контроля и измерений в виде, удобном для зрительного восприятия. Контроль, как правило, осуществляется по принципу «больше-меньше», «есть-нет». Устройствами такого типа являются пробники, простейшие индикаторы настройки.

Схема простого пробника, позволяющего определить характер (постоянное или переменное) и полярность напряжения в диапазоне 3...30 В для постоянного и 2,1...21 В для действующего значения переменного напряжения, приведена на рис. 2.14, *а*. Потребляемый им ток не превышает 6 мА. Основу пробника составляет стабилизатор тока на полевых транзисторах VT1, VT2, нагруженный на встречно-параллельно включенные светодиоды HL1 и HL2. Гнездо XS2 соеди-

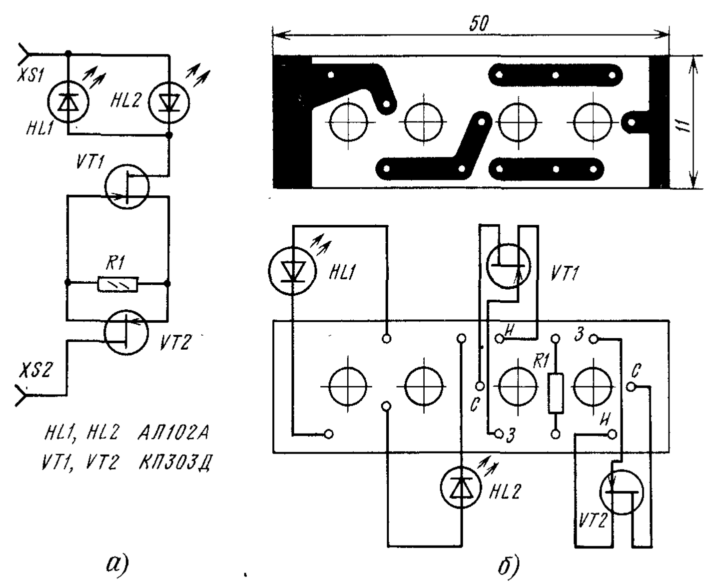


Рис. 2.14. Простейший пробник на основе стабилизатора тока на полевых транзисторах:
а — принципиальная схема; *б* — печатная плата

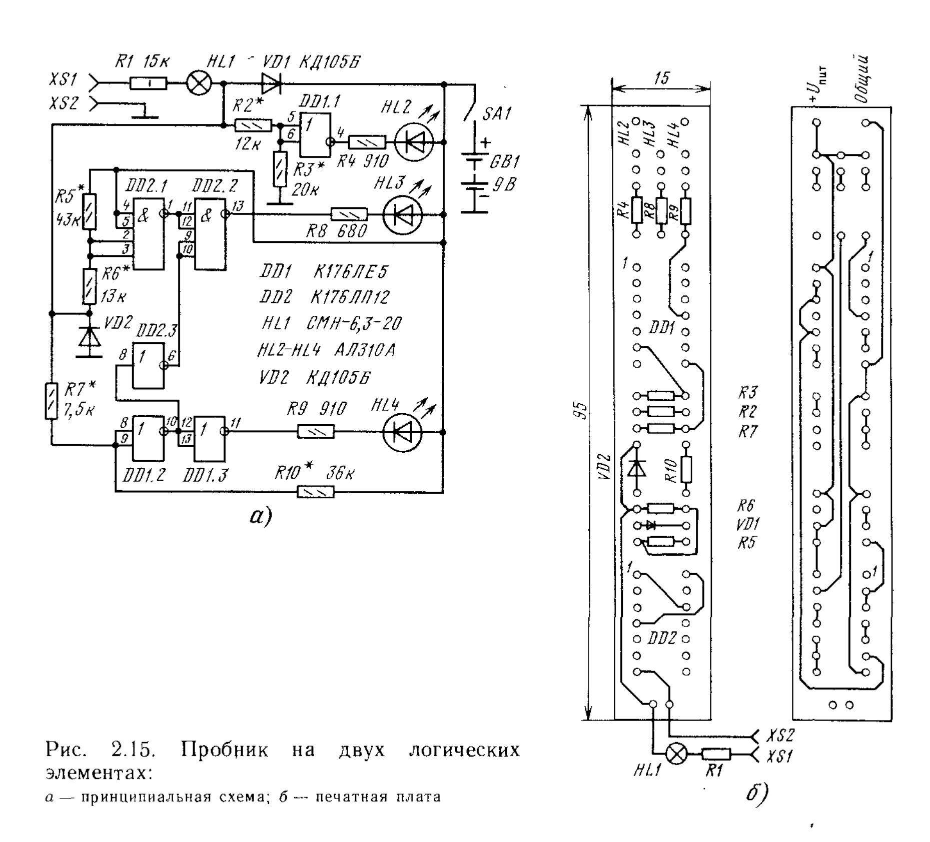


Рис. 2.15. Пробник на двух логических элементах:

а — принципиальная схема; *б* — печатная плата

няют с общим проводом контролируемого устройства, а XS1 — с интересующими точками в нем. Если на XS1 — положительный потенциал, то загорается светодиод HL2, если отрицательный — HL1. Когда на входе переменное напряжение, зажигаются оба светодиода, причем яркость их свечения благодаря действию стабилизатора остается неизменной. Если ни один из светодиодов не зажегся, это означает, что напряжение либо отсутствует, либо не превышает 2 В. Вместо указанных на схеме можно использовать транзисторы КП303А, КП303Г, КП303Е, светодиоды серий АЛ102, АЛ307.

На рис. 2.14, *б* приведен чертеж печатной платы устройства и показано размещение деталей на ней.

Другой вариант пробника (рис. 2.15, *а*) позволяет определить наличие постоянного или переменного напряжения от 5 до 400 В и полярность постоянного напряжения. В исходном состоянии, когда пробник ни к чему не подключен, элементы DD1 и DD2 находятся в таком состоянии, при котором светодиоды HL2 — HL4 не горят. Если пробник присоединяют к цепи постоянного тока так, что на XS1 положительный потенциал, то на вход DD1.1 поступает напряжение высокого уровня, зажигается светодиод HL2. Элементы DD2.2 и DD1.3 не изменяют своего состояния; поэтому HL3 и HL4 остаются невключенными. Если полярность входного напряжения изменить на обратную, элемент

DD1.1 примет исходное состояние, а DD2.1 и DD1.2 переключатся. На выходе элемента DD1.3 появится напряжение низкого уровня, зажжется светодиод HL4. Элемент же DD2.2 останется в прежнем состоянии, поскольку на его входах будут разные уровни сигналов (из-за инвертора DD2.3). Поэтому светодиод HL3 не загорается.

Наконец, если на вход пробника будет подано переменное напряжение, начнут поочередно с частотой переменного напряжения включаться светодиоды HL2 и HL4.

При проверке целостности монтажа при исправных проводниках гнезда XS1 и XS2 оказываются соединенными между собой. Но при этом напряжение на выводах 2, 3 элемента DD2.1 немного ниже порога срабатывания, а входов элемента DD1.2 — выше. Элемент DD2.2 перейдет в состояние, при котором на его выходе будет напряжение низкого уровня. В результате зажжется светодиод HL3. Стоящая на входе пробника лампа накаливания HL1 включается, если на вход подано напряжение, превышающее 150 В.

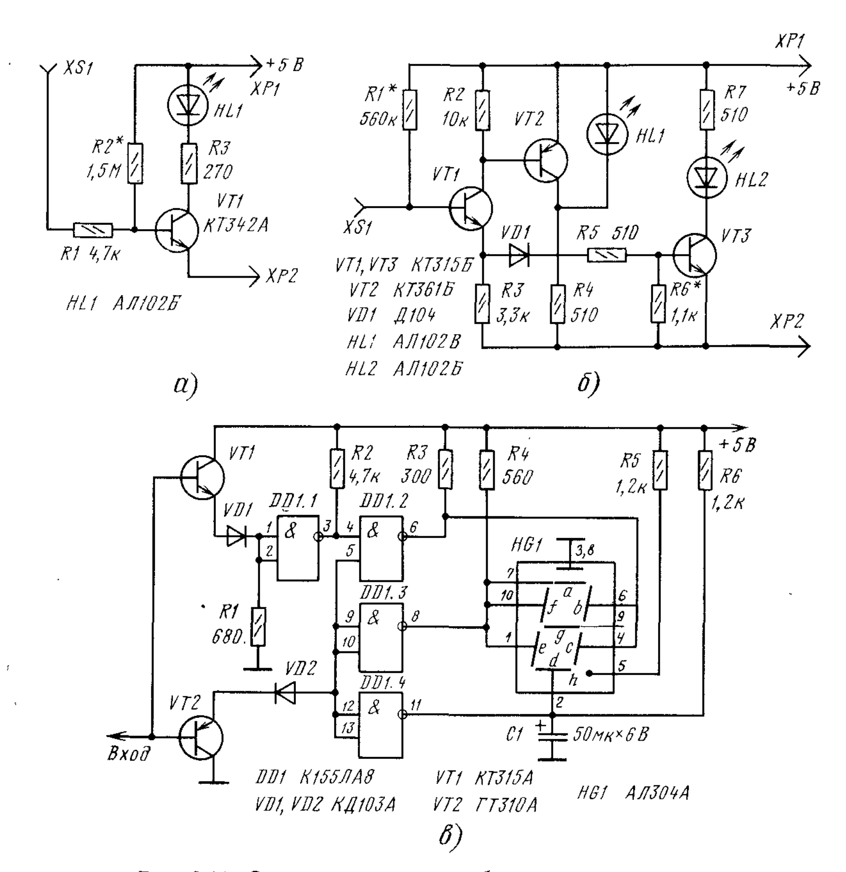


Рис. 2.16. Схемы логических пробников:
а — с одним светодиодом; *б* — с двумя, *в* — с семисегментным ППИ

Налаживание пробника сводится к подбору резисторов R2, R3, R5—R7, R10. Замкнув накоротко вход, подбором резисторов R5 и R6 добиваются, чтобы напряжение на выводах 2, 3 элемента DD2.1 было около 4,3 В. На входах же элемента DD1.2 подбором резисторов R7, R10 устанавливают напряжение 3,9 В. В то же время при разомкнутом входе напряжение на входах обоих элементов должно превышать порог срабатывания. При подаче на вход пробника постоянного напряжения выше 5 В уровень на входах элемента DD1.1 должен быть больше порога срабатывания. Этого добиваются подбором резисторов R2, R3.

На рис. 2.16, *а* приведена схема простого логического пробника с одним светодиодом. В исходном состоянии, когда к гнезду XS1 ничего не подключено, светодиод HL1 светится очень слабо. Такой режим задают установкой соответствующего напряжения смещения на базе транзистора VT1. Если же на гнезде будет напряжение низкого уровня, транзистор закроется и светодиод погаснет. При наличии на входе напряжения высокого уровня транзистор открывается, яркость светодиода становится максимальной (ток ограничен резистором R3). При проверке импульсных сигналов яркость HL1 возрастает, если в последовательности сигналов преобладает напряжение высокого уровня, и убывает, если преобладает напряжение низкого уровня. Во всех случаях пробник подключают к источнику питания проверяемого устройства. При использовании постороннего источника щуп XP2 соединяют с общей точкой.

Более совершенный пробник (рис. 2.16, *б*) содержит два светодиода и позволяет не только оценивать логические уровни, но и проверять наличие импульсов, оценивать их скважность и определять промежуточное состояние между напряжениями высокого и низкого уровня.

Пробник состоит из усилителя на транзисторе VT1, повышающего его входное сопротивление, и двух ключей на транзисторах VT2, VT3. Первый ключ управляет светодиодом HL1, имеющим зеленое свечение, второй — светодиодом HL2, имеющим красное свечение. При напряжении на гнезде XS1 относительно общего провода более 0,4 В, но менее 2,4 В (промежуточное состояние) транзистор VT2 открыт, светодиод HL1 выключен. В то же время закрыт и транзистор VT3, поскольку падение напряжения на резисторе R3 недостаточно для полного открывания диода VD1 и создания нужного смещения на базе транзистора. Поэтому HL2 тоже не светится.

Когда напряжение на XS1 будет менее 0,4 В, транзистор VT2 закроется, загорится светодиод HL1, индицируя напряжение низкого уровня — лог. «0». При иапряжении на XS1 более 2,4 В открывается транзистор VT3, включается светодиод HL2, индицируя напряжение высокого уровня (лог. «1»).

Если на вход пробника подано импульсное напряжение, скважность импульсов приблизительно можно оценить по яркости свечения того или иного светодиода.

Помимо указанных на схеме в пробнике можно использовать кремниевые транзисторы соответствующей структуры серий КТ312, КТ201 (VT1, VT3), КТ203 (VT2), любой кремниевый диод, светодиоды серий АЛ102, АЛ307, АЛ310.

При налаживании подбором резистора R1 добиваются, чтобы в исходном состоянии — при отключенном XS1 — светодиоды не горели. Затем, подав на вход пробника напряжение 2,4 В, подбором резистора R6 добиваются включения светодиода HL2.

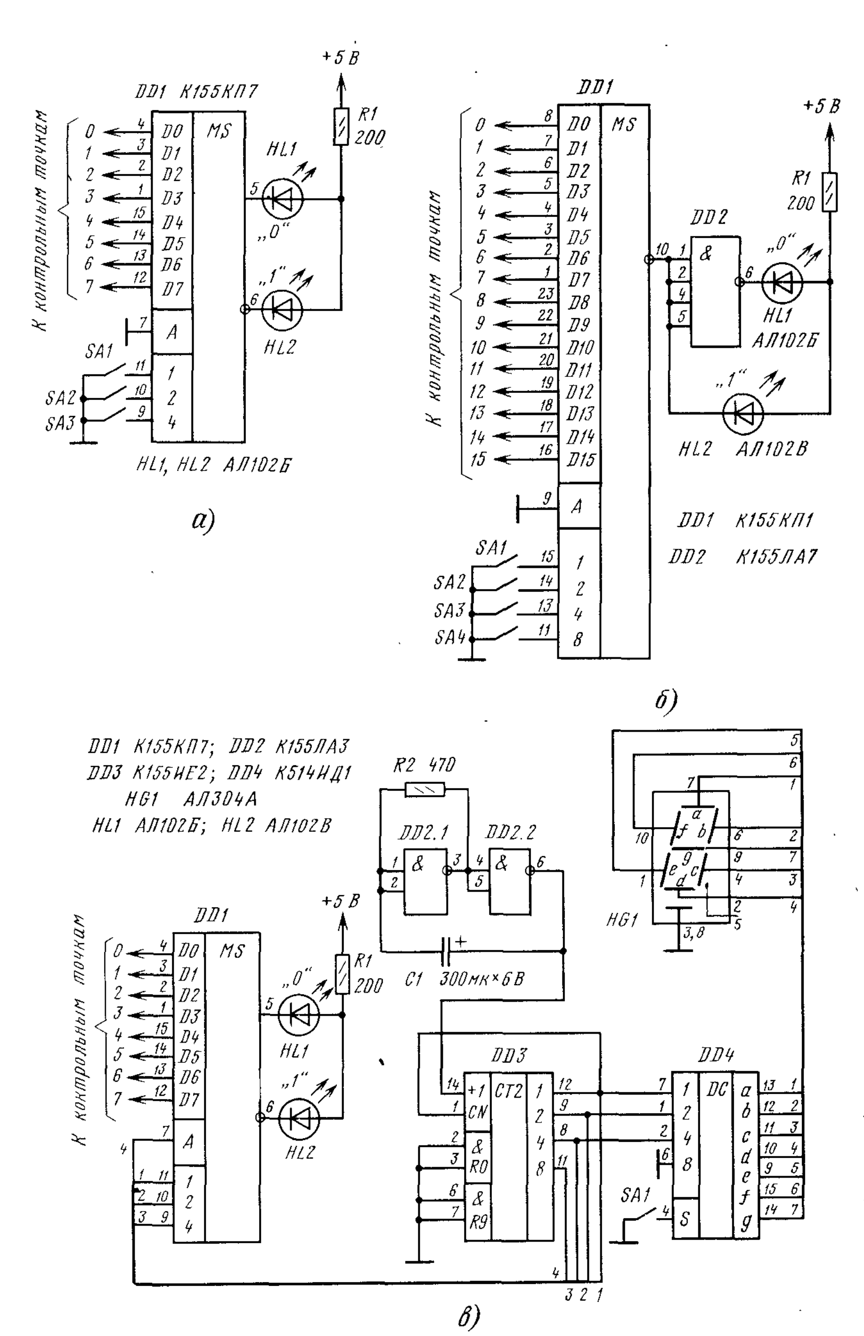


Рис. 2.17. Схемы пробников на основе мультиплексоров:

а — 8-входовый; *б* — 16-входовый; *в* — с автоматическим опросом контрольных точек

Исследовать логические устройства в статическом и динамическом режимах позволяет пробник, схема которого приведена на рис. 2.16, *в*. При отсутствии сигнала на входе элемента DD1.1 — напряжения низкого уровня — на входах DD1.2—DD1.4 будет напряжение высокого уровня. Сегменты индикатора не светятся. Если на вход пробника поступает сигнал, соответствующий напряжению высокого уровня, то на выходе элемента DD1.1 будет напряжение низкого уровня, на выходе DD1.2 — напряжение высокого уровня, элементы DD1.3, DD1.4 останутся в первоначальном состоянии. При этом излучают сегменты b и c, т. е. индицируется «1». Когда на входе напряжение низкого уровня, то на выходе DD1.2—DD1.4 — напряжение высокого уровня; зажигаются сегменты a, b, c, d, e, f, т. е. высвечивается «0». При подаче на вход пробника импульсов с частотой 20...25 Гц чередование цифр 0 и 1 заметно глазом.

При большей частоте начинает сказываться влияние конденсатора C1. В результате яркость свечения сегмента d резко падает и индицируется буква П, обозначающая последовательность импульсов на входе.

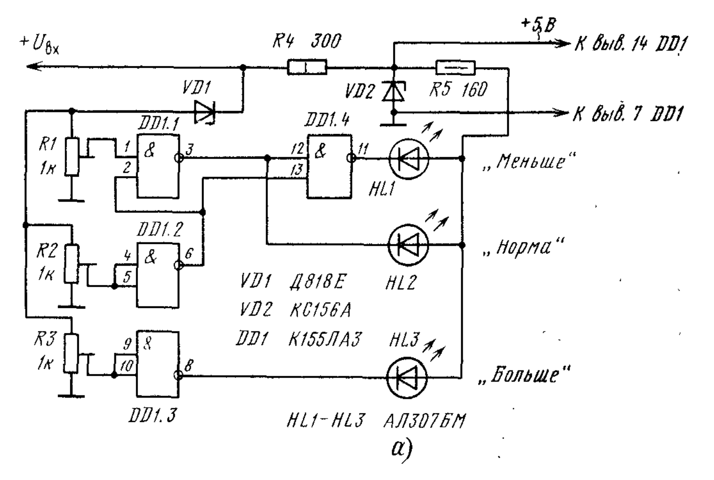
Очень удобны пробники на основе мультиплексоров, подключаемые сразу к нескольким контрольным точкам. Пробник (рис. 2.17, *а*) предназначен для контроля напряжений высокого и низкого уровней. Информационные входы D0—D7 мультиплексора DD1 присоединяют к контрольным точкам. С помощью выключателей SA1—SA3 формируют управляющий двоичный код. При установке выключателей в положение, соответствующее номеру выбранной контрольной точки, контрольную точку соедиияют с выходом мультиплексора. Если уровень в ней соответствует напряжению высокого уровня, зажигается светодиод HL2 зеленого цвета. Если же горит светодиод HL1 красного цвета, это означает, что в контрольной точке — напряжение низкого уровня.

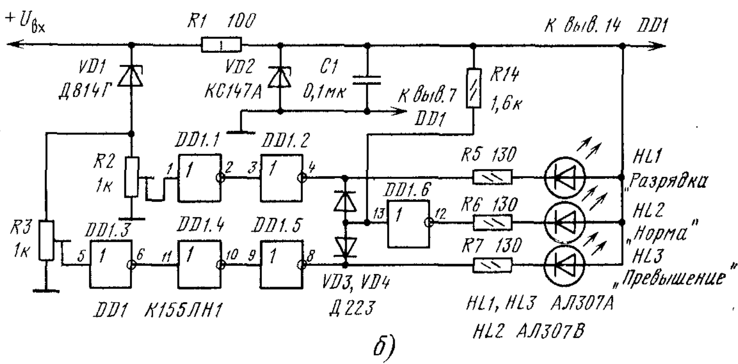
Вместо микросхемы К155КП7 можно использовать К155КП5 на восемь входов или К155КП1 на шестнадцать входов. Ввиду отсутствия у них прямых выходов пробник несколько усложняется (рис. 2.17, *б*).

Существуют пробники, обеспечивающие автоматический в заданной последовательности опрос контрольных точек и индикацию их номеров. Схема одного из них приведена на рис. 2.17, *в*. Тактовый генератор на элементах микросхемы DD2 вырабатывает импульсы с частотой повторения 0,2...2 Гц, которую можно изменять емкостью конденсатора C1. Счетчик DD3 считает импульсы, поступающие на его вход +1. Сигналы с его выхода подаются на дешифратор DD4, где преобразуются в сигналы управления 7-сегментным индикатором HG1, и на управляющие входы мультиплексора DD1. В результате его выходы последовательно соединяются с контрольными точками 0—7, а HG1 высвечивает соответствующие им порядковые номера. Об уровнях сигналов судят по включению светодиодов HL1 и HL2.

С приходом на вход счетчика DD3 восьмого импульса опрос контрольных точек прекращается, с приходом десятого — начинается вновь. Выключателем SA1 гасят индикатор HG1.

Описываемые далее устройства предназначены для допускового контроля напряжения в бортовой сети автомобиля с номинальным напряжением 12 В, хотя могут использоваться и в других случаях. Они не отображают точного значения напряжения, а лишь указывают, находится ли оно в требуемых пределах. Например, в индикаторе, схема которого показана на рис. 2.18, *а*,





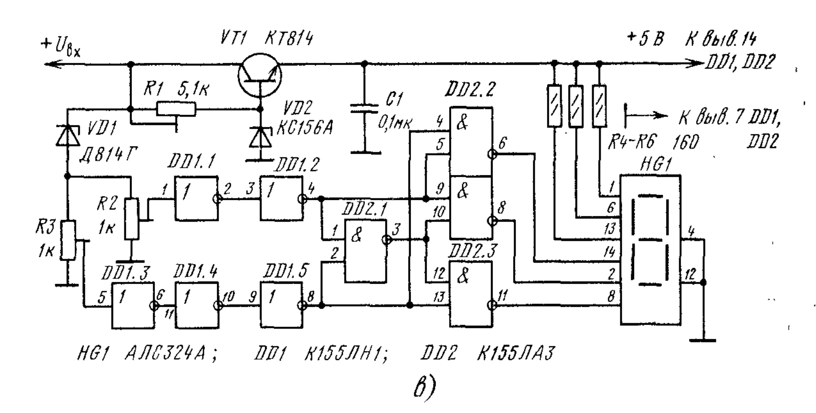


Рис. 2.18. Схемы индикаторов для допускового контроля напряжения в бортовой сети автомобиля

пороги срабатывания устанавливают подстроечными резисторами R1—R3. При входном напряжении меньше 12 В на входах логических элементов DD1.1—DD1.3 (за исключением нижнего по схеме входа DD1.1) присутствует напряжение низкого уровня. Напряжение высокого уровня на обоих входах будет только у элемента DD1.4, поэтому окажется зажженным лишь светодиод HL1.

Если контролируемое напряжение питания лежит в пределах 12...14 В, на выводе 1 элемента DD1.1 появится напряжение высокого уровня. При этом светодиод HL1 погаснет, а HL2 включится. При напряжении в пределах 14...15 В напряжение высокого уровня будет присутствовать на входах элемента DD1.2 и ни один светодиод не зажжется. Наконец, когда напряжение превысит 15 В, напряжение высокого уровня появится на входах элемента DD1.3 и загорится светодиод HL3. Зона неопределенности показаний индикатора при уровнях 12 и 14 В не превышает нескольких десятых долей вольта.

Налаживание индикатора сводится к установке требуемых порогов срабатывания. Конструктивно устройство размещают на приборной панели автомобиля. При остановленном двигателе должен светиться HL2. Если включен HL1, то аккумуляторную батарею следует подзарядить. После включения двигателя все светодиоды должны погаснуть.

Другой индикатор (рис. 2.18, *б*) содержит два пороговых элемента: для верхнего предела U_{max} контролируемого напряжения на элементах DD1.3 – DD1.5, для нижнего U_{min} — на элементах DD1.1, DD1.2. Стабилитрон VD1 «отсекает» часть входного напряжения. Его напряжение стабилизации должно быть на 2...3 В меньше, чем U_{min}. Порог срабатывания пороговых элементов устанавливают резисторами R2 и R3.

При напряжении $U_{вх}$ больше, чем U_{max}, на выходе инвертора DD1.5 будет напряжение низкого уровня и поэтому окажется зажженным светодиод HL3. Если $U_{вх}$ меньше U_{min}, будет гореть светодиод HL1. В обоих случаях вход инвертора DD1.6 оказывается зашунтированным либо через диод VD3, либо через VD4. При этом на выходе DD1.6 будет напряжение высокого уровня и светодиод HL2 окажется выключенным. Когда напряжеиие $U_{вх}$ находится в пределах U_{min} – U_{max}, диоды VD3, VD4 закрыты, на выходе инвертора DD1.6 устанавливается напряжение низкого уровня и загорается светодиод HL2.

Пороговые значения индикатора выбирают в соответствии с указаниями по эксплуатации аккумуляторной батареи. При налаживании движок резистора R3 переводят в нижнее по схеме положение и, подав напряжение $U_{вх}$, равное U_{min}, подстройкой резистора R2 добиваются одновременного зажигания светодиодов HL1 («Разрядка») и HL2 («Норма»). Затем на вход подают напряжение $U_{вх} = U_{max}$ и регулировкой резистора R3 обеспечивают одновременное включение HL2 и HL3 («Превышенне»). После этого проверяют работу индикатора при входном напряжении, большем U_{min} и меньшем U_{max}. В этом случае должен гореть только светодиод HL2. Общий провод индикатора подключают к корпусу автомобиля, вход — непосредственно к клемме аккумулятора.

Дальнейшее совершенствование устройства направлено на возможность применения в нем семисегментного ППИ. Для этого в него введены (рис. 2.18, *в*) логический узел 2И-НЕ на элементе DD2.1, дешифратор на элементах DD2.2, DD2.3, усилитель мощности на транзисторе VT1 в стабилизаторе напряжения блока питания. Сегменты a, c, g индикатора HG1, соединенные с выходами

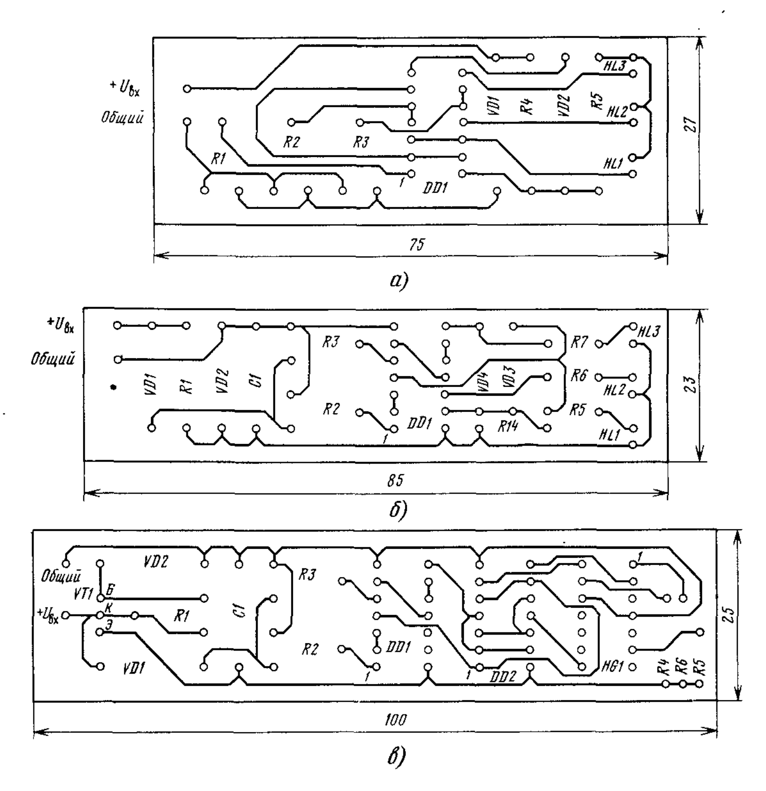


Рис. 2.19. Печатные платы индикаторов напряжения (рис. 2.18)

дешифратора, светятся в различных сочетаниях, в зависимости от значения $U_{вх}$. Сегменты b, e, f подключены непостоянно к блоку питания через резисторы R4—R6. Если $U_{вх}$ меньше U_{min}, индицируется буква P, если больше U_{max} — П, если $U_{min} < U_{вх} < U_{max}$, то Н. Данный индикатор налаживают по аналогии с предыдущим. Печатные платы рассмотренных устройств приведены соответственно на рис. 2.19, *а—в*.

Характерным примером устройства индикации является дистанционный указатель ориентации (рис. 2.20), позволяющий определить пространственное положение, например, антенны. На контролируемом устройстве располагают датчики, состоящие из геркона с переключающими контактами и резистора, сопротивление которого зависит от места расположения геркона, а следовательно, и его порядкового номера. Герконы устанавливают вокруг поворотной оси конструкции в продольном направлении через 45°. На уровне герконов на оси закреплен небольшой постоянный магнит с продольной ориентацией магнитного поля. При повороте оси сначала будет переключаться геркон, к которому приближается магнит, а затем — от которого он удаляется.

В зависимости от того, какой геркон сработал, через резистор датчика и общий резистор узла индикации R17 потечет ток, причем его значение будет

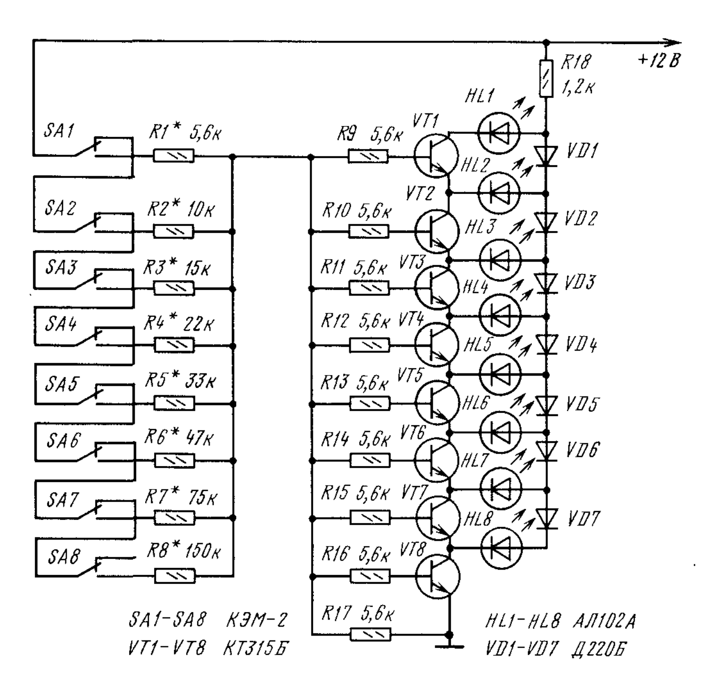


Рис. 2.20. Схема дистанционного указателя ориентации

зависеть от номера датчика (сопротивления датчика). Например, если включен геркон SA8, то ток проходит через резисторы R8 и R17 и на R17 будет падение напряжения около 0,6 В. Откроется транзистор VT8, включится светодиод HL8.

При повышении напряжения на входе узла индикации, когда подключатся резисторы R7, R6 и т. д., откроются несколько транзисторов, но зажжется только один светодиод, соединенный с коллектором верхнего (по схеме) транзистора.

Светодиоды располагают на пульте управления по кругу, в том же порядке, что и герконы. Налаживание дистанционного указателя заключается в подборе резисторов R1—R8 с таким расчетом, чтобы при повороте контролируемого устройства, а значит, срабатывании того или иного геркона светился только один светодиод.

Для индикации точной настройки радиоприемника широко применяются простые устройства, содержащие несколько светодиодов, часто разного цвета свечения.

Светодиодный индикатор настройки (рис. 2.21) для переносного радиоприемника отличается высокой экономичностью. Его потребляемый ток в отсутствие сигнала не превышает 0,6 мА, а при точной настройке составляет 1 мА. Такая экономичность достигнута в результате питания светодиода импульсным напряжением. Генератор импульсов выполнен на однопереходном транзисторе VT3. При указанных на схеме номиналах элементов R11 и C2 генератор вырабатывает импульсы длительностью около 20 мс, следующие с частотой

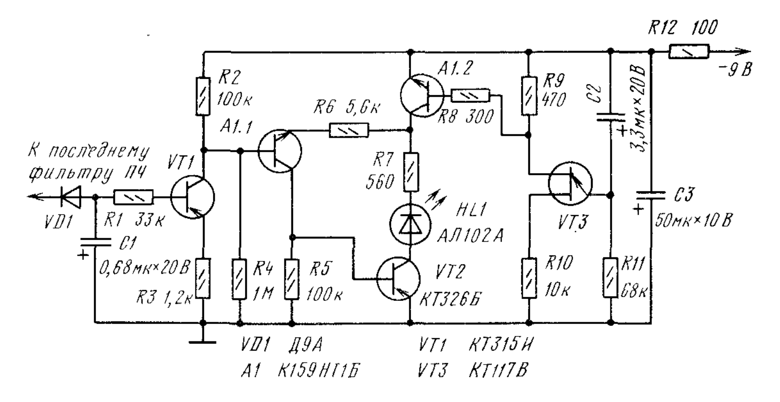


Рис. 2.21. Схема индикатора настройки для переносного радиоприемника

15 Гц. С такой же частотой открывается ключ, собранный на транзисторе A1.2 сборки A1. Однако светодиод при этом не включается, так как отсутствие сигнала (или при большой расстройке) сопротивление участка эмиттер — коллектор транзистора VT2 велико. При точной настройке транзистор VT1, а за ним A1.1 и VT2 откроются настолько, что в моменты, когда открыт транзистор A1.2, загорится светодиод HL1.

Чтобы уменьшить потребляемый ток, эмиттерная цепь транзистора A1.1 подключена к коллектору транзистора A1.2, благодаря чему последние два каскада (A1.2, VT2) усиления постоянной составляющей продетектированного диодом VD1 сигнала также работают в ключевом режиме. При необходимости подбором резистора R4 можно добиться слабого начального свечения светодиода HL1. В этом случае он выполняет и функции индикатора включения приемника.

Для индикации точной настройки на станцию в УКВ диапазоне можно использовать индикатор нуля с тремя светодиодами (рис. 2.22). Если напряжение на входе индикатора близко к нулю, то все транзисторы закрыты и светодиоды HL1 и HL2 не излучают, а через HL3 при этом протекает ток, определяемый напряжением питания и сопротивлением резисторов R4 и R5. При указанных на схеме номиналах он примерно равен 20 мА. Как только на входе индикатора появится напряжение, превышающее 0,5 В, транзистор VT1 откроется и включится светодиод HL1. Одновременно откроется транзистор VT3, он зашунтирует светодиод HL3 и тот погаснет. Если напряжение на входе будет отрицательным, но по абсолютному значению большим 0,5 В, включится светодиод HL2, а HL3 выключится.

В индикаторе можно применять любые светодиоды, рассчитанные на номинальный ток 20...25 мА, и любые кремниевые транзисторы малой мощности соответствующей структуры.

На рис. 2.23 приведена схема не менее простого индикатора точной настройки. Подключают его к выходу частотного детектора, питают от того же источника, что и приемник. Режим работы транзистора VT1 выбран таким, что при отсутствии постоянной составляющей на выходе детектора напряжение

3—3485

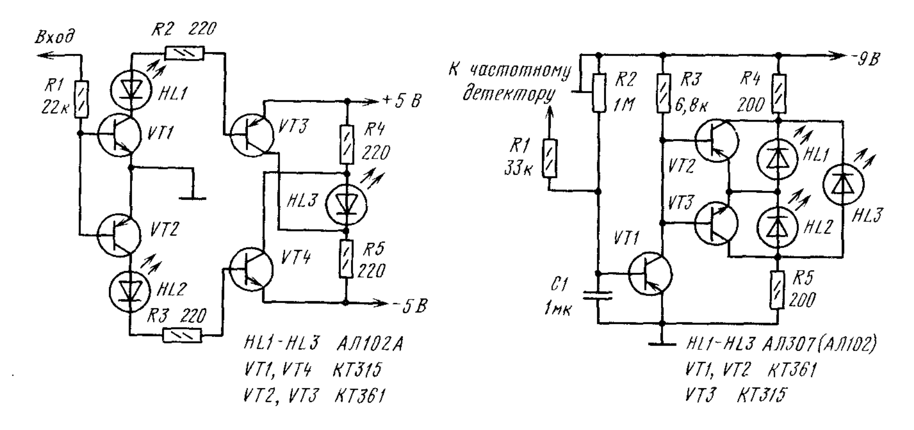


Рис. 2.22. Схема индикатора нуля с тремя светодиодами

Рис. 2.23. Схема индикатора точной настройки

на его коллекторе и на базах транзисторов VT2, VT3 равно половине напряжения питания. По этой причине транзисторы VT2, VT3 закрыты и ярко горит светодиод HL3 с зеленым свечением.

При расстройке приемника, например в сторону увеличения напряжения отрицательной полярности, транзистор VT1 открывается еще больше, напряжение на его коллекторе понижается. В результате открывается транзистор VT3, загорается светодиод HL1 с красным свечением, а HL3 постепенно гаснет. Расстройка приемника в другую сторону также приводит к погасанию HL3, но в этом случае открывается транзистор VT2 и включается светодиод HL2 с красным свечением. В процессе настройки яркость светодиода изменяется плавно: вначале ярко светится один из красных светодиодов, затем по мере приближения к точной настройке он начинает гаснуть, но одновременно начинает увеличиваться яркость светодиода с зеленым свечением. Достигнув максимума при точной настройке, яркость его начинает уменьшаться, но при этом постепенно включается другой красный светодиод. Зеленый светодиод гаснет при напряжении на выходе детектора ± 200 мВ.

Налаживание устройства сводится к установке режима работы транзистора VT1 подстроечным резистором R2. Делают это при точной настройке на какую-либо станцию, добиваясь наиболее яркого свечения светодиода HL2. Желательно, чтобы транзисторы VT2, VT3 имели одинаковые или близкие статические коэффициенты передачи тока $h_{21Э}$. Если такой возможности нет, в цепь базы транзистора с бóльшим $h_{21Э}$ необходимо включить резистор. Подбором его добиваются одинаковой крутизны изменения яркости светодиодов при расстройке приемника.

Неотъемлемым узлом магнитофонов являются индикаторы уровня. Обычным стало применение в этих узлах светодиодов. Число индицируемых уровней может быть от двух до нескольких десятков, т. е. осуществляется переход от контроля («больше — меньше», «есть — нет») к измерениям, причем точность измерений растет с увеличением числа используемых светодиодов.

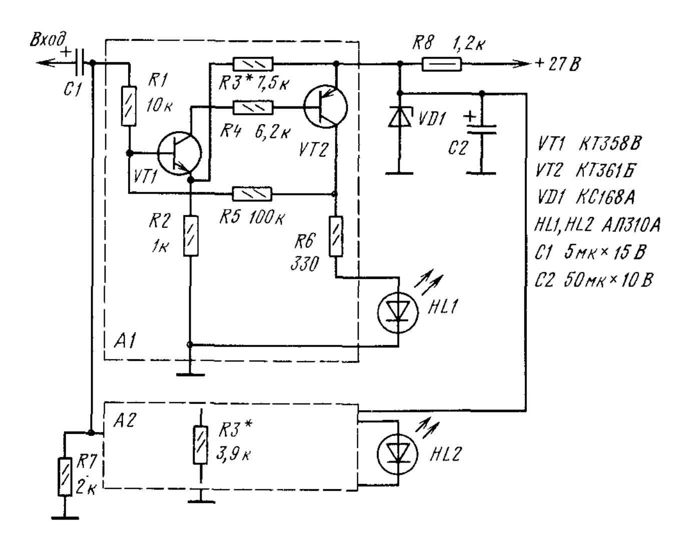


Рис. 2.24. Схема двухуровневого двухканального индикатора

Схема двухуровневого двухканального индикатора для магнитофона или усилителя ЗЧ приведена на рис. 2.24. Каждая из ячеек А1, А2 выполнена на транзисторах разной структуры. При отсутствии сигнала на входе оба транзистора ячеек закрыты, поэтому светодиоды HL1, HL2 не горят. В таком состоянии устройство находится до тех пор, пока амплитуда положительной полуволны контролируемого сигнала не превысит примерно на 0,6 В постоянное напряжение на эмиттере транзистора VT1 в ячейке А1, заданное делителем R2, R3. Как только это произойдет, транзистор VT1 начнет открываться, в цепи коллектора появится ток, а поскольку он в то же время является и током эмиттерного перехода транзистора VT2, транзистор VT2 тоже начнет открываться. Возрастающее падение напряжения на резисторе R6 и светодиоде HL1 приведет к увеличению тока базы транзистора VT1 и он откроется еще больше. В результате очень скоро оба транзистора полностью откроются и светодиод HL1 включится.

При дальнейшем росте амплитуды входного сигнала аналогичный процесс протекает в ячейке А2 и загорается светодиод HL2. С уменьшением уровня сигнала ниже установленных порогов срабатывания ячейки возвращаются в исходное состояние, светодиоды — вначале HL2, затем HL1 — гаснут. Гистерезис (разность переменных напряжений срабатывания и возврата в исходное состояние) не превышает 0,1 В. Напряжение срабатывания зависит от сопротивления резисторов R2, R3.

При номиналах, указанных на схеме, ячейка А1 срабатывает в момент, когда амплитуда входного сигнала достигает примерно 1,4 В (3 дБ от номинального уровня 1 В), ячейка А2 — когда амплитуда возрастает примерно до 2 В (6 дБ). В общем случае требуемое сопротивление (в килоомах) резистора R3 при выбранном R2 (1 кОм) можно рассчитать по формуле

$$R3 = [U_{VD1} / (U_{сраб} - 0{,}6)] - 1,$$

где U_{VD1}, $U_{сраб}$ — соответственно напряжение стабилизации и срабатывания (в вольтах).

Ячейки надежно срабатывают на входные напряжения в пределах (0,1...0,8) U_{VD1}.

Налаживание индикатора сводится к его калибровке подбором резисторов R3 (в обоих ячейках). При использовании индикатора для контроля уровня записи вход подключают к выходу усилителя, имеющегося в магнитофоне. Подав на вход магнитофона синусоидальный сигнал частотой 400 Гц, устанавливают режим «Запись». Уровень сигнала делают примерно на 3 дБ больше нулевого значения по шкале стрелочного прибора, компенсируя тем самым занижение показаний индикатором промежуточного уровня. После измерения напряжения на входе проверяемого канала пикового индикатора его увеличивают в 1,4 раза (3 дБ) и подбором резистора R3 в ячейке A1 добиваются, чтобы светодиод HL1 зажигался, когда сигнал достигает именно этого уровня. Далее напряжение записываемого сигнала увеличивают еще в 1,4 раза (6 дБ) по отношению

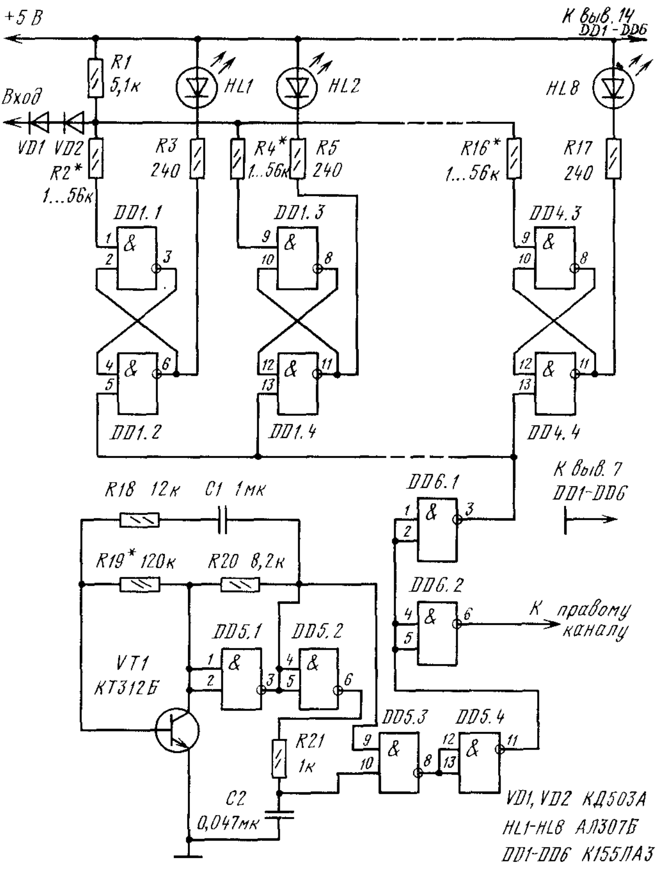
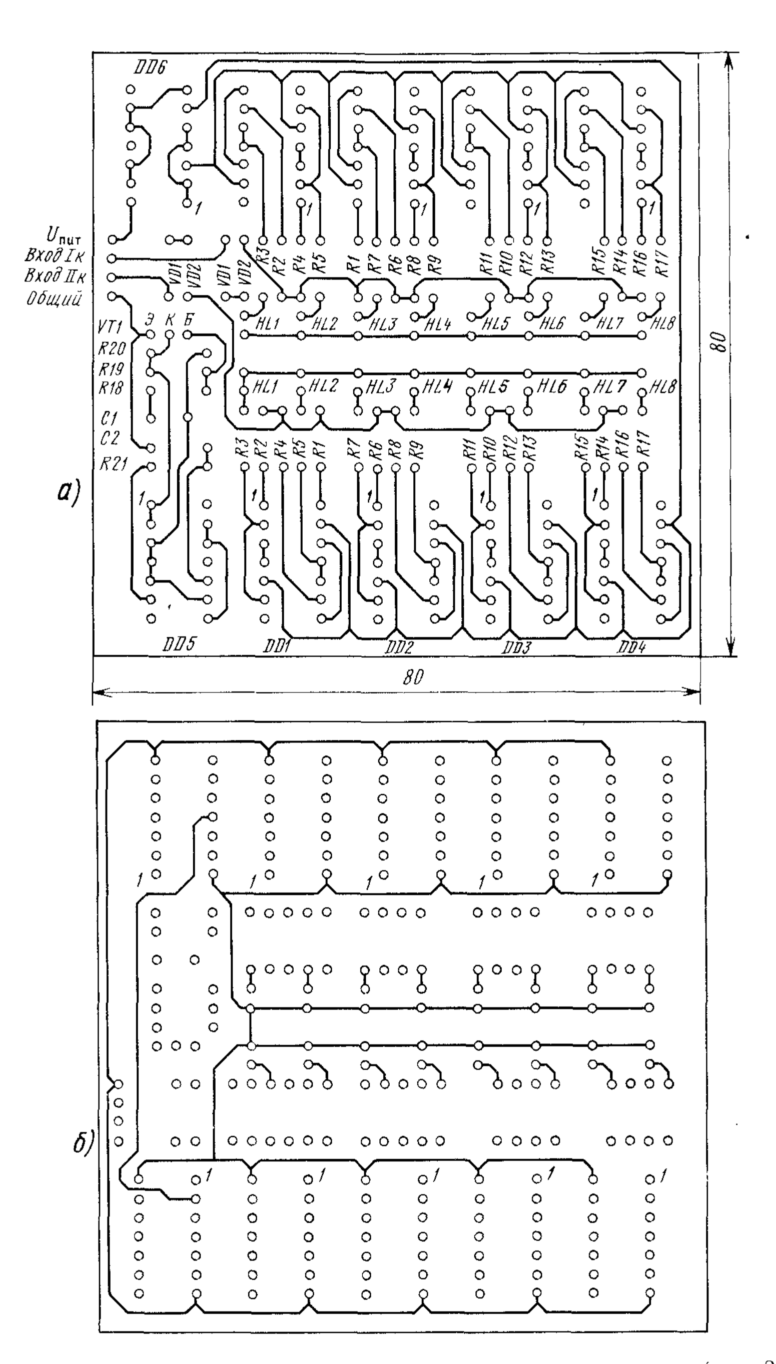


Рис. 2.25. Схема восьмиуровневого индикатора выходной мощности



ис. 2.26. Печатная плата восьмиуровневого индикатора мощности (рис. 2.24)

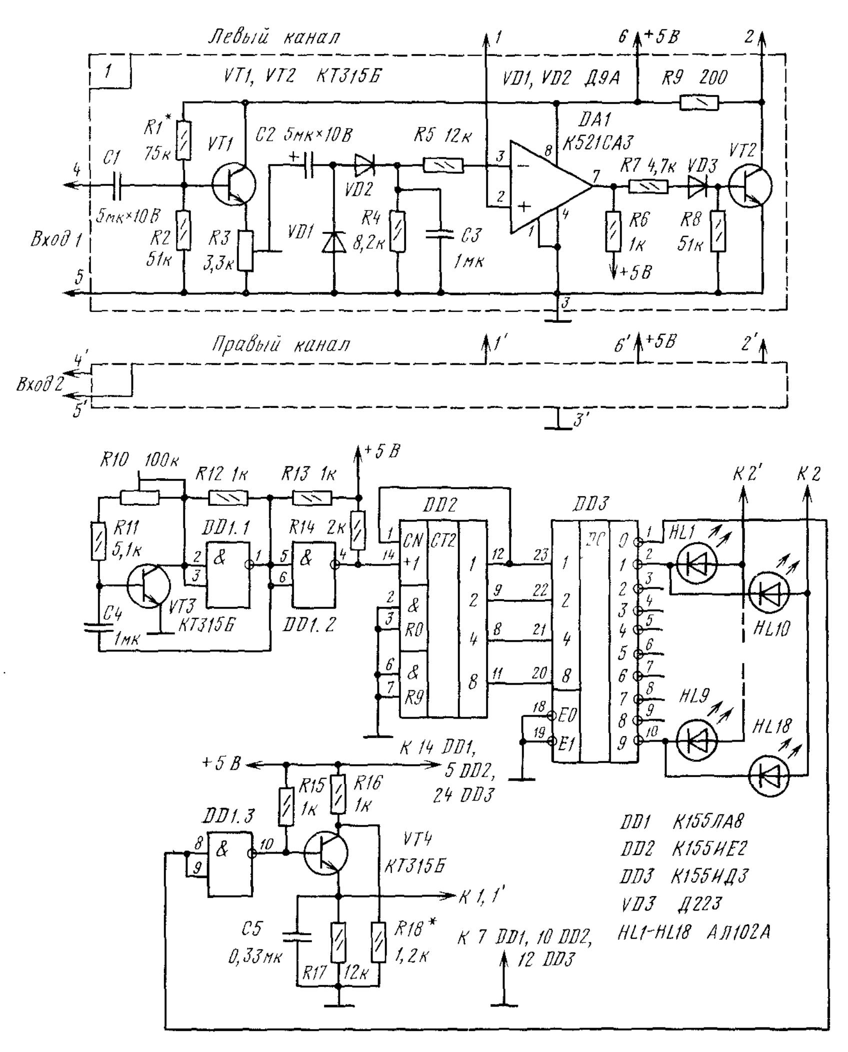


Рис. 2.27. Схема девятиуровневого индикатора выходной мощности

к номинальному значению и аналогично подбором резистора R3 в ячейке А2 добиваются включения светодиода HL2. Также калибруют и другой канал индикатора.

При работе с описываемым индикатором устанавливают такой режим записи, при котором светодиоды, регистрирующие превышение сигналом уровня 3 дБ, включались бы довольно часто, а индицирующие уровень 6 дБ — редко. Интервал надежно регистрируемых значений сигнала при выбранном напряжении питания составляет от 0,68 до 5 В (около 18 дБ).

Основой индикатора (рис. 2.25) выходной мощности двухканального усили-

теля ЗЧ является набор RS-триггеров на элементах 2И-НЕ, при переключении которых зажигаются соответствующие светодиоды (HL1, HL2 и т. д.). В данном случае он имеет восемь уровней, но их может быть и больше, и меньше. Пороги срабатывания триггеров различны и зависят от сопротивления резисторов R2, R4 и т. д. Чтобы защитить триггеры от перегрузки напряжением положительной полярности, включены диоды VD1, VD2 и резистор R1.

Применение в качестве пороговых элементов RS-триггеров позволило предотвратить мерцание светодиодов (они сразу включаются на номинальную яркость) и просто осуществить задержку их включения. Светодиоды гаснут только с приходом импульсов сброса, формируемых узлом на транзисторе VT1 и микросхеме DD5. На элементах микросхемы выполнен генератор (DD5.1, VT1), одновибратор (DD5.2, DD5.3) и инвертор (DD5.4). Длительность импульсов сброса на выходах элементов DD6.1, DD6.2 около 50 мкс, период повторения 200...300 мс.

Индикатор регистрирует напряжение от 0,3 В до 20 В, что соответствует выходной мощности 0,023...100 Вт на нагрузке сопротивлением 4 Ом. Следует учесть, что инверторы DD6.1, DD6.2 можно нагружать не более чем десятью триггерами.

При налаживании индикатора подбором резисторов R2, R4, R6 и т. д. в пределах 1...56 кОм получают логарифмическую шкалу регистрируемых уровней мощности. Подбором резистора R19 устанавливают частоту следования импульсов сброса. На рис. 2.26 приведен чертеж печатной платы восьмиуровневого индикатора.

Принцип действия шкалы на светодиодах (рис. 2.27) основан на сравнении входного напряжения с экспоненциально спадающим и последующем отображении результата сравнения на шкале.

На транзисторе VT1 в каждом канале (левом или правом) собран входной эмиттерный повторитель, на диодах VD1, VD2 — детектор.

Источник образцового напряжения состоит из электронного ключа на транзисторе VT4, конденсатора C5 и инвертора на микросхеме DD1.3. При поступлении на базу транзистора напряжения высокого уровня с выхода элемента DD1.3 транзистор VT4 открывается и конденсатор C5 заряжается. Требуемое напряжение (2,3 В) на C5 устанавливают подбором резистора R18. При уменьшении напряжения на базе до значения, соответствующего напряжению низкого уровня, транзистор VT4 закрывается и конденсатор C5 начинает разряжаться через резистор R17. Напряжение на нем убывает по экспоненциальному закону и достигает в конце цикла значения $U_C = U_{C5max} \exp(-k/\tau)$, где $k = 9/f$. Здесь 9 – число индицируемых уровней, f – частота следования импульсов тактового генератора.

Устройство сравнения в левом канале выполнено на микросхеме DA1. Чтобы увеличить крутизну наклонного участка входной характеристики компаратора, введена положительная обратная связь через резистор R6. Диод VD3 предотвращает попадание напряжения отрицательной полярности на базу транзистора VT2 электронного ключа блока индикации.

Генератор тактовых импульсов блока индикации собран на транзисторе VT3 и микросхеме DD1.1. На вход +1 счетчика DD2 импульсы генератора попадают через инвертор DD1.2. Поскольку максимальный выходной ток де-

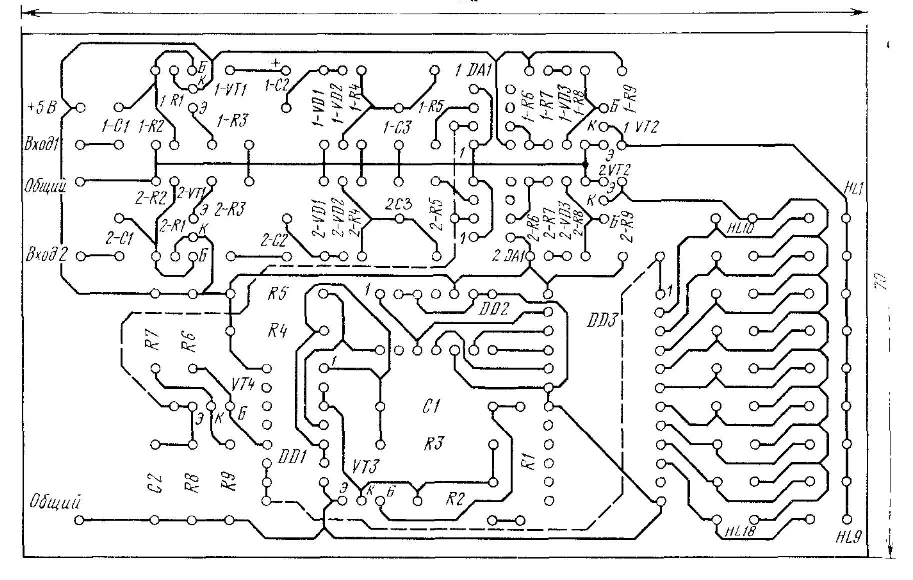


Рис. 2.28. Печатная плата индикатора выходной мощности (рис. 2.27)

шифратора DD3 составляет 16 мА, а один светодиод HL1—HL8 потребляет ток не более 5 мА, оказалось возможным обойтись одной микросхемой, нагрузив каждый из выходов дешифратора на два светодиода. При этом верхние (по схеме) светодиоды индицируют максимальный уровень сигнала, а нижние — минимальный. Длина светящегося ряда светодиодов пропорциональна длительности той части времени разряда образцового конденсатора, в которой уровень сигнала превышает напряжение на нем.

Частоту следования импульсов тактового генератора устанавливают от 500 до 550 Гц подстроечным резистором R10. (При меньшей частоте становится заметным мигание светодиодов, при большой падает яркость свечения). Требуемого напряжения (1,5 В) на эмиттере транзистора VT1 добиваются подбором резистора R1. После этого, установив движок подстроечного резистора R3 в нижнее (по схеме) положение, с генератора звуковой частоты подают на вход левого канала сигнал с уровнем 100 мВ и частотой 1 кГц. Перемещая движок резистора вверх, добиваются включения нижнего по схеме светодиода. Затем увеличивают напряжение на входе до тех пор, пока не включится вся линейка светодиодов левого канала. Входное напряжение при этом должно быть приблизительно 1,8 В.

Число индицируемых уровней в принципе можно увеличить до 15. Цену деления логарифмической шкалы устанавливают регулировкой резистора R2 и подбором R18.

Чертеж печатной платы шкалы дан на рис. 2.28.

Схема достаточно совершенного 30-уровневого индикатора амплитуды исследуемого сигнала изображена на рис. 2.29. Кроме линейки светодиодов

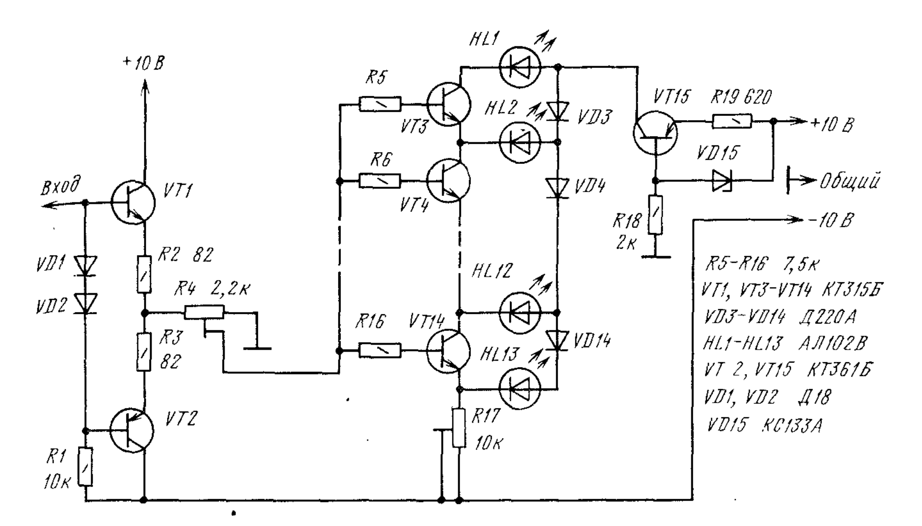


Рис. 2.29. Схема 30-уровневого индикатора

HL1—HL13 он содержит ключи на транзисторах VT3—VT14 и диодах VD3—VD14, источник тока на транзисторе VT15 и стабилизаторе VD15 и двухтактный эмиттерный повторитель на транзисторах VT1, VT2.

Пока напряжение на движке построечного резистора R4 относительно эмиттера транзистора VT14 меньше на 0,6...0,7 В, транзисторы VT3—VT14 закрыты, ток протекает через последовательно включенные диоды VD3—VD14 и светодиод HL13. С повышением входного напряжения открывается транзистор VT14, светодиод HL12 зажигается, а HL13 гаснет. При дальнейшем росте напряжения поочередно сработают остальные транзисторные ключи, загорятся соответствующие им светодиоды, а предыдущие погаснут. Таким образом, светящаяся точка на индикаторе перемещается до тех пор, пока не откроется транзистор VT3. Понижение входного напряжения приводит к тому, что транзисторы поочередно закрываются, а светящаяся точка передвигается в противоположном направлении. При поступлении на вход сигнала на индикаторе наблюдается светящаяся полоса.

Сопротивление подстроечного резистора R17 устанавливают таким, чтобы в отсутствие входного напряжения светился светодиод индикатора HL13. Подстроечным резистором R4 добиваются включения HL1 при максимальном входном сигнале.

Общепринятая область применения светодиодов — одно- и многоканальные индикаторы квазипикового уровня (ИКУ) с динамической индикацией и шкалой различного вида (линейной, логарифмической, S-образной).

Узел индикации одноканального ИКУ содержит параллельный АЦП и собственно индикаторы. Основой АЦП являются пороговые устройства, выходы которых подключены к индикаторам. В качестве пороговых устройств нередко применяют интегральные компараторы (рис. 2.30, *а*). В исходном состоянии на выходах всех компараторов присутствует напряжение высокого уровня, поэто-

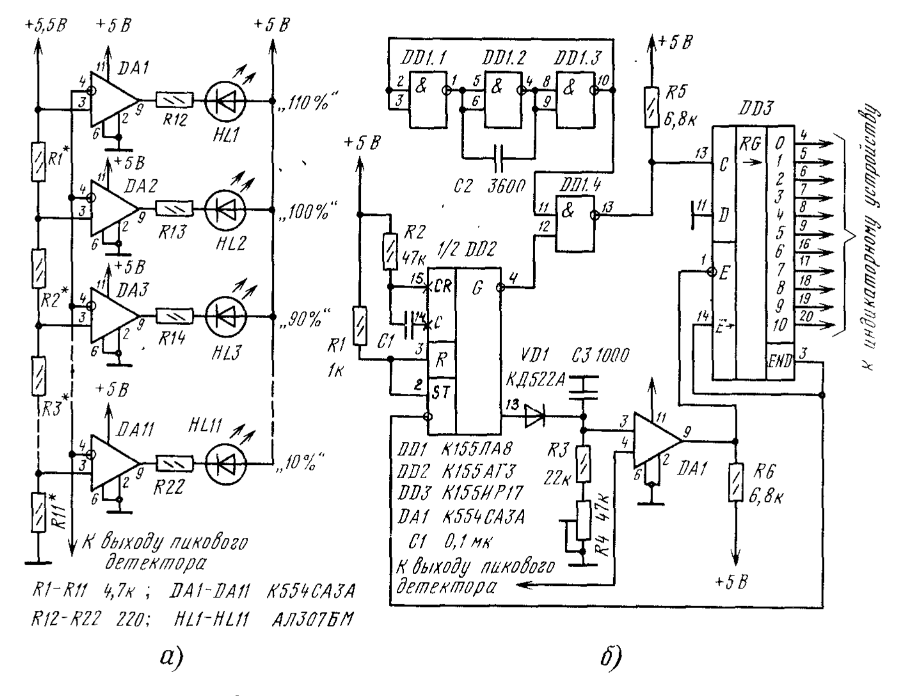


Рис. 2.30. Схемы ИКУ параллельного (*а*) и последовательного (*б*) типа

му светодиоды HL1—HL11 не светятся. Когда входной сигнал превышает пороговые (образцовые) напряжения, выходные напряжения компараторов резко падают и соответствующие светодиоды зажигаются. Нужные пороговые напряжения, а следовательно, закон преобразования входного напряжения в выходной код, устанавливают подбором резисторов R1—R11 делителя

Недостаток параллельного АЦП — большое число пороговых элементов (равное числу светящихся элементов). Этого недостатка лишены последовательные АЦП, в которых единственный компаратор сравнивает входной сигнал с циклически изменяющимся образцовым напряжением. С помощью регистра последовательность состояний компаратора преобразуют в параллельный код, снимаемый по окончании преобразования с выхода АЦП. Длительность цикла сравнения зависит от длительности импульсов, вырабатываемых в таком устройстве тактовым генератором. Согласовывая функцию изменения образцового напряжения во времени с длительностью тактовых импульсов, можно получить требуемый закон преобразования.

Аналого-цифровой преобразователь последовательного типа (рис. 2.30, *б*) работает следующим образом. Тактовый генератор на элементах DD1.1—DD1.3 вырабатывает прямоугольные импульсы. Через элемент совпадения DD1.4 они поступают на тактовый вход регистра последовательного приближения DD3. По окончании цикла преобразования на выходе END регистра DD3 появляется напряжение низкого уровня и одновибратор, собранный на одной из

половин микросхемы DD2, вырабатывает импульс остановки. В результате поступление импульсов на тактовый вход регистра прекращается и индикатор регистрирует достигнутый входным сигналом уровень. По окончании импульса остановки начинается новый цикл преобразования: напряжение на прямом выходе одновибратора DD2 становится равным низкому, а не высокому уровню и зарядившийся за время действия импульса остановки конденсатор C3 начинает разряжаться через резисторы R3 и R4. Уменьшающееся по экспоненциальному закону напряжение на конденсаторе непрерывно сравнивается с входным напряжением с помощью компаратора DA1. В зависимости от результата сравнения на выходе компаратора присутствует напряжение высокого или низкого уровня. С выхода компаратора сигнал поступает на управляющий вход регистра DD3, определяя тем самым состояние его выходов 0—10 после окончания цикла преобразования.

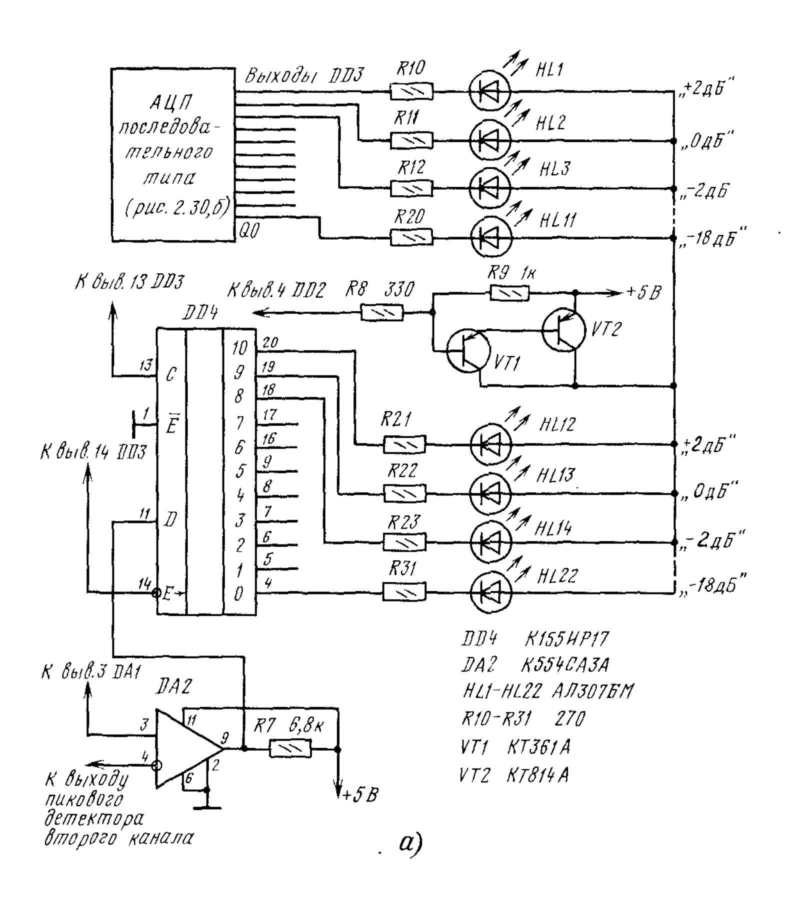
В многоканальных ИКУ обычно используют динамический режим индикации. Однако при соответствующем выборе варианта АЦП в ряде случаев и без этого удается создать многоканальный ИКУ. На рис. 2.31, *а* приведена схема двухканального ИКУ. Применяемый в нем АЦП не отличается от ранее рассмотренного АЦП последовательного типа (рис. 2.30, *б*).

Перед налаживанием устройства движок резистора R4 (рис. 2.30, *б*) устанавливают в нижнее по схеме положение. Затем на вход одного из детекторов подают такое переменное напряжение звуковой частоты, чтобы включился светодиод, индицирующий уровень «2 дБ». Уменьшив входное напряжение на 20 дБ, перемещением движка резистора R4 добиваются, чтобы зажегся светодиод, индицирующий уровень «—18 дБ». Калибруют ИКУ подстроечным резистором R4, добиваясь включения светодиода «0 дБ» при подаче на вход переменного напряжения 1 В.

Интервал индицируемых описанным ИКУ уровней сигнала составляет от —18 до +2 дБ с шагом 2 дБ. Время интеграции 5 мс, время обратного хода около 1,5 с.

Но все же чаще в многоканальных ИКУ АЦП работает в динамическом режиме. В качестве примера на рис. 2.31, *б* изображена схема 10-канального 10-уровневого ИКУ. Импульсы, вырабатываемые тактовым генератором на элементах DD1.1, DD1.2, поступают на распределитель на микросхеме DD2. На выходах микросхемы в процессе работы последовательно появляются импульсы, открывающие биполярные транзисторы VT1—VT10 и закрывающие полевые транзисторы VT11—VT20. В результате АЦП на микросхемах DA1—DA5 последовательно присоединяется к выходам десяти полосовых фильтров и соответствующим светодиодам. Например, если на выводе 3 распределителя DD2 в какой-то момент будет напряжение высокого уровня, то транзистор VT1 откроется и напряжение питания поступит на линейку HL1—HL10. Подключенный же к этому выводу DD2 полевой транзистор VT11 окажется закрытым, поэтому на вход АЦП поступит сигнал с выхода пикового детектора полосового фильтра. Аналогично подключаются к АЦП и другие каналы устройства.

Параллельный АЦП работает аналогично рассмотренному. Диоды VD1—VD10 защищают светодиоды от напряжения отрицательной полярности. Резисторы R1—R10, обеспечивающие логарифмическую шкалу измерения, необ-



а)

Таблица 2.1

Резистор	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
Сопротивление при шаге 2 дБ, кОм	2,52	2	1,59	1,26	1	0,79	0,64	0,5	0,39	1,54
Сопротивление при шаге 5 дБ, кОм	2,78	2	1,39	1	0,69	0,5	0,35	0,25	0,17	4,3

ходимо подобрать с точностью 1...2%. Их расчетные сопротивления приведены в табл. 2.1.

При разработке индикаторов квазипикового уровня желательно, чтобы диапазон регистрируемых значений напряжения был не менее 30...36 дБ. В этом случае удобны измерители, использующие усилитель сигнала с переменным коэффициентом усиления (рис. 2.32).

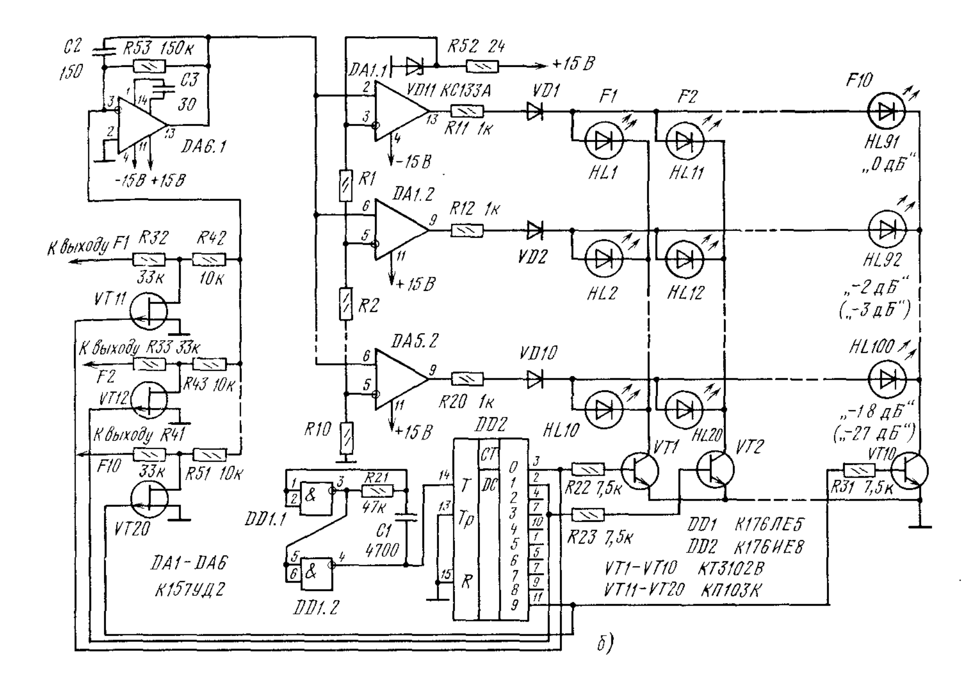


Рис. 2.31. Схемы ИКУ, не использующие (*а*) и использующие (б) динамический режим

Контролируемые сигналы левого и правого каналов поступают на двухполупериодные пиковые детекторы, а выпрямленные напряжения — на усилитель с управляемым коэффициентом усиления, выполненный на операционном усилителе DA2.1 и одном из аналоговых мультиплексоров микросхемы DA1. Работой усилителя управляет генератор тактовых импульсов. Под действием импульсов, поступающих на входы D0 и D1, мультиплексор устанавливает нужный коэффициент усиления и подключает правый или левый канал измерения.

В данном измерителе применен параллельный АЦП. В качестве компараторов использованы операционные усилители DA2.2—DA5.2. Образцовые напряжения, определяющие пороги их срабатывания, поступают с делителя R5—R12, подключенного к стабилизированному источнику. Через цепи, состоящие из резисторов R13—R19 и защитных диодов VD1—VD7, компараторы управляют работой светодиодов HL1—HL28, образующих шкалы левого и правого каналов. Шкалы (+6...—12 дБ, —15...—33 дБ) коммутируются транзисторами VT1—VT4, на базы которых через резистор R20 и второй мультиплексор микросхемы DA1 поступает напряжение 15 В. Средний ток через отдельные элементы шкал не превышает 2,5 мА, однако благодаря использованию светодиодов АЛ307БМ, характеризующихся повышенным КПД, яркость шкал оказывается достаточно высокой.

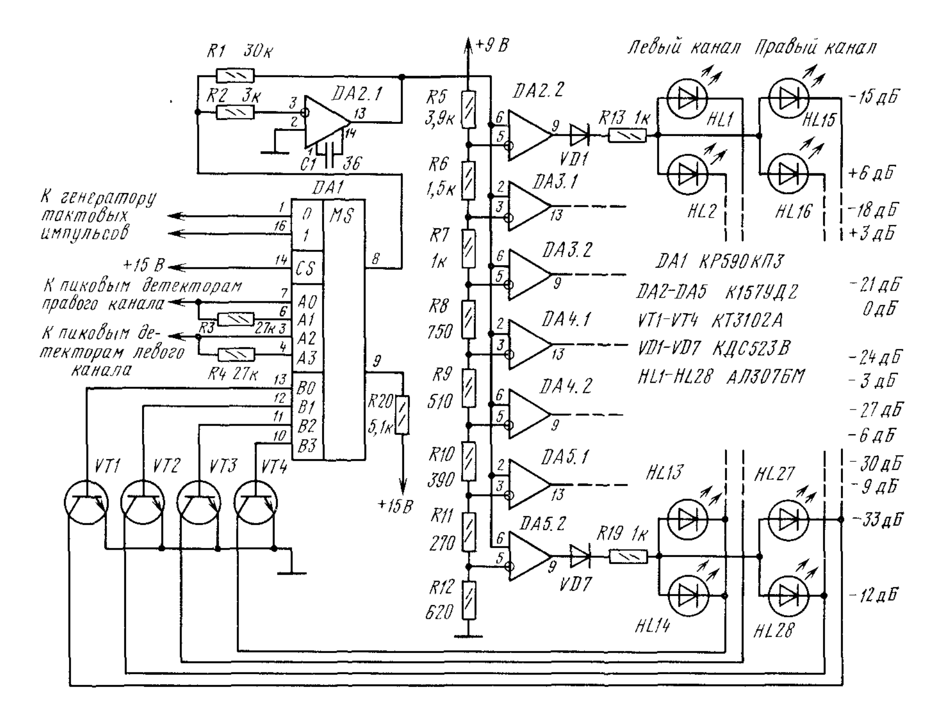


Рис. 2.32. Схема ИКУ с переменным коэффициентом усиления

В измерителе можно применять операционные усилители К153УД2, К153УД6, К140УД6, К140УД7, К553УД2, КМ551УД2Б, любые маломощные кремниевые диоды и транзисторы КТ315А—КТ315Г, КТ342А, КТ342Б.

2.4. Устройства динамической индикации на многоразрядных ППИ

Как и дискретные светодиоды, многоразрядные ППИ хорошо вписываются в современную любительскую аппаратуру. Естественно, что они могут использоваться во всех устройствах динамической индикации, рассмотренных в гл. 1. В качестве примера на рис. 2.33 приведена схема узла динамической индикации с использованием мультиплексоров.

Устройство содержит генератор на элементах DD6.1, DD6.2, импульсы с которого подаются на счетчик DD5 с коэффициентом пересчета 5. Сигналы с выхода счетчика воздействуют на управляющие входы коммутаторов DD1—DD4 и на дешифратор на элементах DD7.1—DD7.4, DD6.3 и диодах VD1, VD2. Выходы дешифратора подключены к катодам 1—5 индикатора. Сигналы с выходов коммутаторов DD1—DD4 поступают на входы преобразователя сигналов в код семисегментного индикатора (DD8). Преобразователь управляет индикатором HG1 по анодам a—g. В результате на индикаторе высвечиваются цифры, соответствующие подаваемым на вход сигналам.

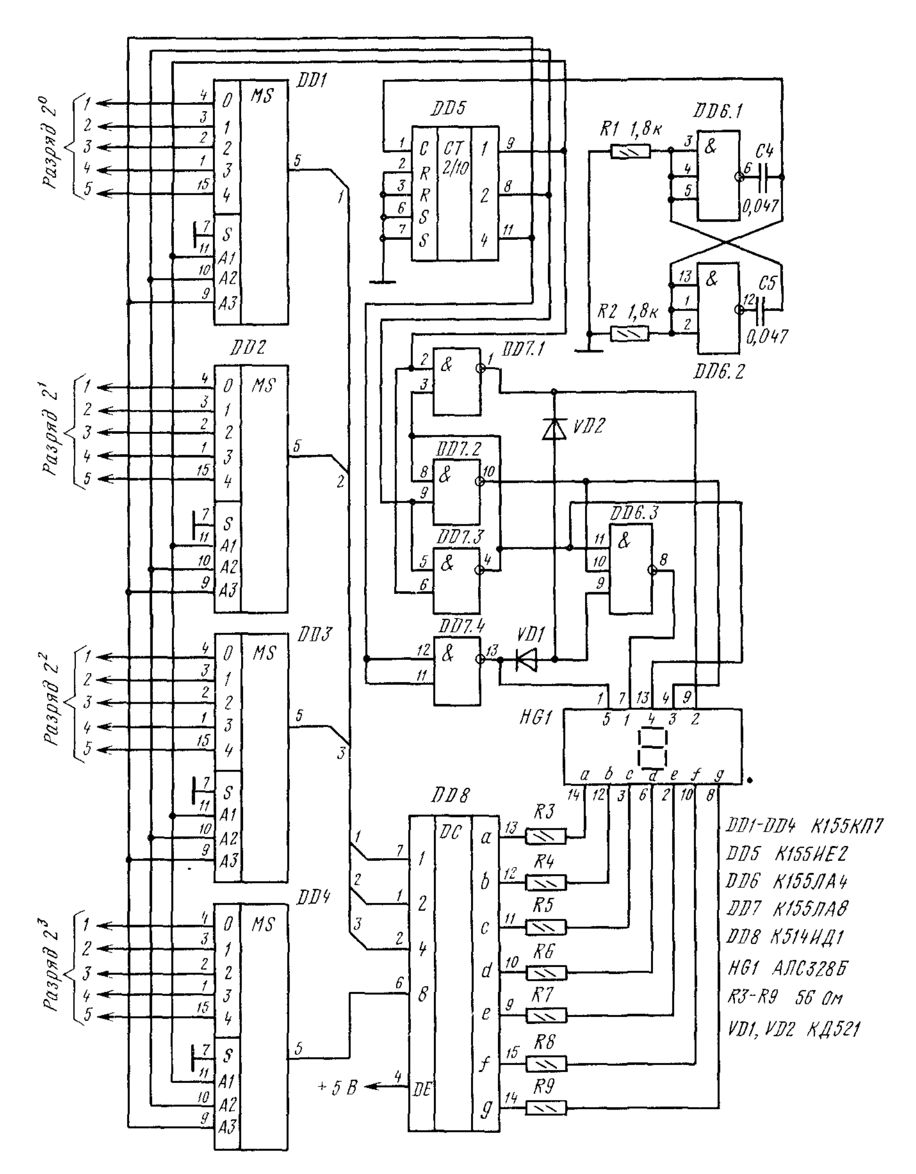


Рис. 2.33. Схема динамической индикации с использованием мультиплексоров

Для управления 5-разрядным семисегментным ППИ в мультиплексном режиме разработана микросхема К564ИК2. Типичная схема подключения ППИ к микросхеме К564ИК2 приведена на рис. 2.34. Кроме цифр от 0 до 9 микросхема позволяет отобразить еще шесть символов. Она содержит дешифратор двоичного кода, генератор, делитель частоты на 5 с преобразователем и дешиф-

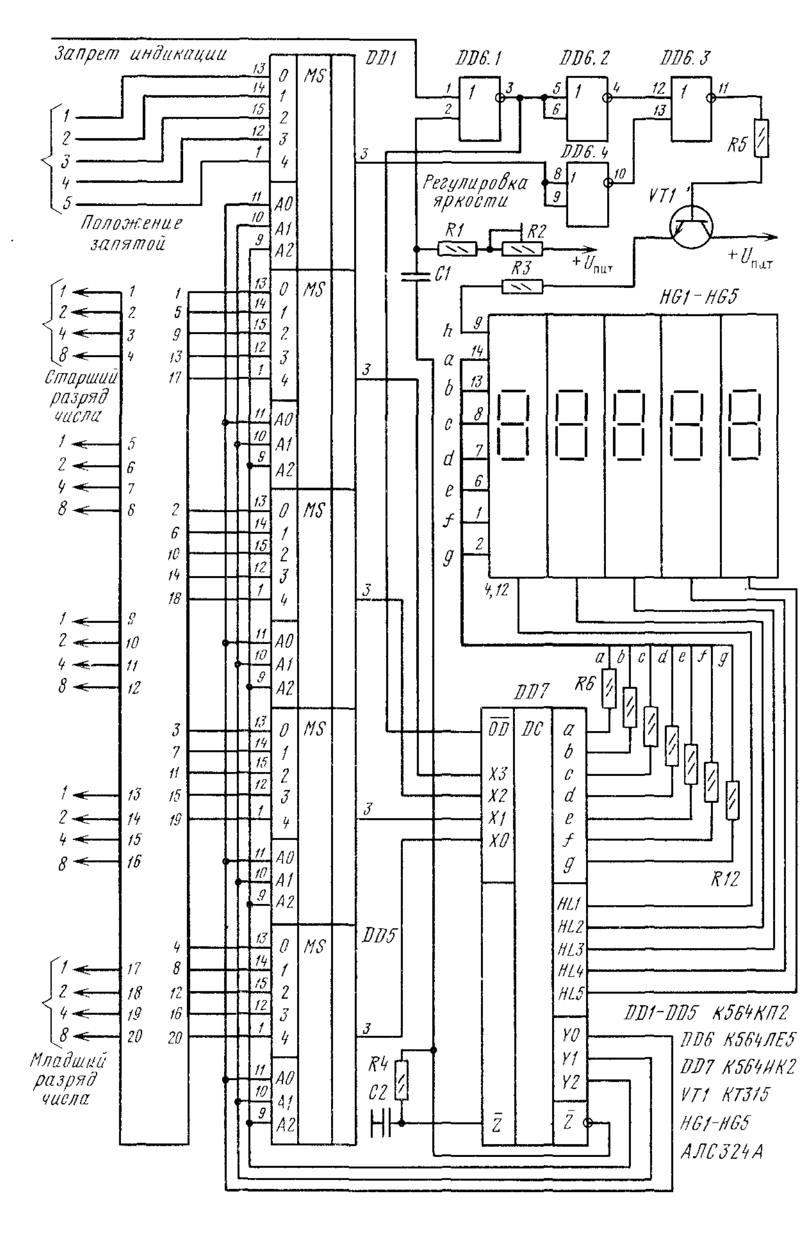


Рис. 2.34. Схема подключения ППИ к микросхеме К564ИК2

Таблица 2.2

Символ		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
Состояние входов	X3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	X2	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
	X1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
	X0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1

ратором. Соотношение между кодом на входах X0, X1, X2, X3 и отображаемым символом приведено в табл. 2.2.

Для регулировки яркости и блокировки свечения в микросхеме предусмотрен вывод $\overline{OD}$. Если на нем имеется напряжение низкого уровня, то сегменты не зажигаются. Генератор предназначен для синхронизации узла, который может работать как с внутренней, так и с внешней синхронизацией. При работе с внутренней синхронизацией к выводам Z и $\bar{Z}$ подключают RC-цепь, при работе с внешней синхронизацией вывод $\bar{Z}$ свободен. Выходы Y0—Y2 предназначены для управления внешним демультиплексором. При напряжении питания 10 В напряжения низкого и высокого уровней равны соответственно 1 и 9 В.

Глава 3

ВАКУУМНЫЕ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫЕ ИНДИКАТОРЫ

3.1. Схемы включения

Отечественная промышленность выпускает цифровые и буквенно-цифровые одноразрядные, цифровые многоразрядные, шкальные, цифроаналоговые и матричные вакуумные люминесцентные индикаторы (ВЛИ). Индикаторы этого типа обладают большими яркостью и долговечностью, незначительной потребляемой мощностью, допускают управление по нескольким цепям, хорошо сопрягаются с микросхемами на МОП-структурах.

Конструктивно ВЛИ представляют собой вакуумный триод, содержащий прямонакальный катод, сетку и несколько анодов, покрытых люминофором и расположенных в одной плоскости. Аноды могут иметь различные форму и размеры. При подаче напряжения накала катод испускает электроны, которые под действием полей сетки и анодов устремляются к анодам. Люминофор анодов начинает светиться обычно сине-зеленым цветом при анодном напряжении 20...30 В. Чтобы повысить контрастность, целесообразно накрывать ВЛИ нейтральными светофильтрами. Изменяя светофильтры, можно получить из исходного сине-зеленого свечения цвета от синего до красного. Яркость цветов ока-

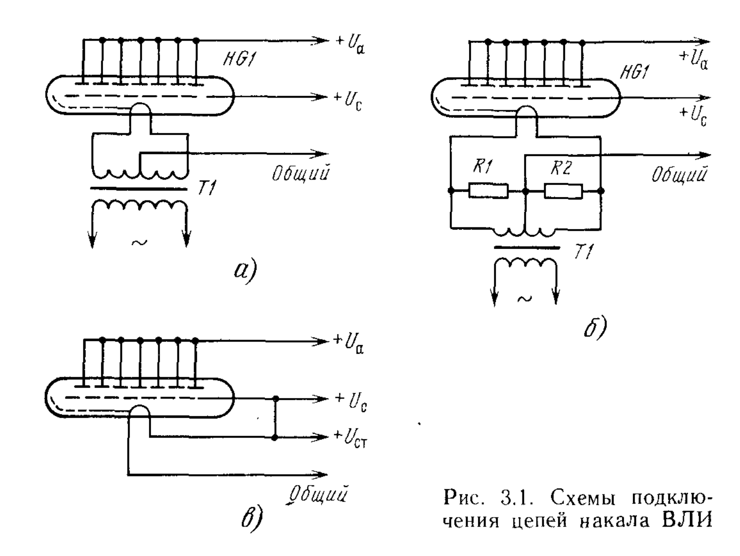


Рис. 3.1. Схемы подключения цепей накала ВЛИ

зывается достаточной, если яркость исходного свечения составляет не менее 1000 кд/м^2.

Цепи накала ВЛИ питают переменным током синусоидальной или прямоугольной формы, поступающим с обмотки трансформатора со средней точкой, подключенной к общей точке схемы (рис. 3.1, *а*). Можно питать цепи накала и так, как показано на рис. 3.1, *б*. Правда, в этом случае возникает падение напряжения на резисторах делителя из-за протекания по ним токов анода и сетки. Разность потенциалов между катодом и анодом уменьшается, и, следовательно, снижается яркость ВЛИ. Допускается питать цепи накала и от источника постоянного тока, причем в качестве общей точки следует брать вывод катода, соединенный с отрицательным полюсом источника питания (рис. 3.1, *в*).

Анодные и сеточные цепи чаще всего питают от источника импульсного напряжения. Чтобы не было заметно мельканий при различных углах обзора, частота следования импульсов должна быть не менее 40 Гц (наименьшая частота зависит и от угла обзора индикатора). Скважность q импульсов определяют из соотношения

$$q \leqslant q_{max} = (U_{а\,и}/30)^{2,5},$$

где $U_{а\,и}$ — амплитуда импульсного напряжения на аноде, В.

Как правило, на анод и сетку ВЛИ подают одинаковые напряжения. Если анодное напряжение будет больше сеточного, то повысится яркость свечения ВЛИ, так как ускоряющее напряжение будет действовать на электроны не только на участке катод — сетка, но и на участке сетка — анод. Блок питания упрощается при питании индикатора пульсирующим напряжением (рис. 3.2). Напряжение на сетку снимается с половины обмотки II, а на анод — со всей обмотки.

При использовании индикаторов с малым напряжением накала (около 1 В), например ИВ-3, ИВ-6, диоды VD1 и VD2 можно исключить, а левый вы-

Рис. 3.2. Схема, обеспечивающая увеличение анодного напряжения

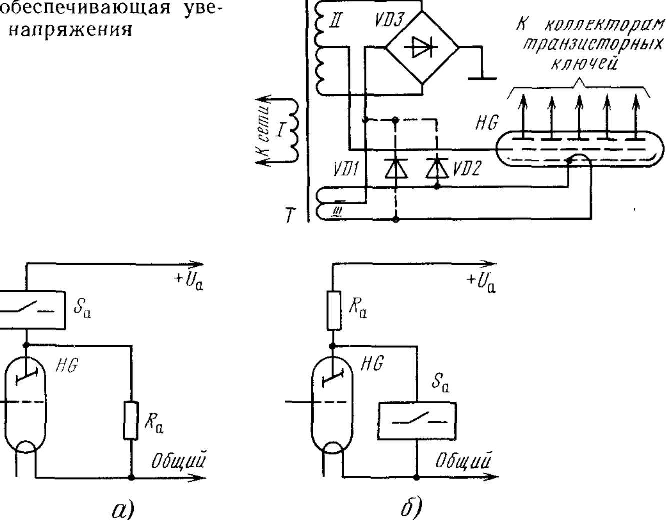


Рис. 3.3. Схемы подключения анодного источника питания

вод диодного моста соединить с катодом индикатора, к которому подключен проводящий слой, нанесенный на внутреннюю поверхность баллона индикатора.

Существуют два варианта подключения анодного источника питания для ВЛИ: через последовательный ключ (рис. 3.3, *а*) и с использованием шунтирующего ключа (рис. 3.3, *б*). Анализ показывает, что для коммутации анодных (и сеточных) управляющих напряжений в ВЛИ предпочтительнее первый вариант. Ключи можно выполнять как на биполярных, так и на полевых транзисторах. Целесообразнее применять биполярные транзисторы с р-n-р структурой и полевые с каналом р типа. При выборе ключей следует учитывать их ток утечки в выключенном состоянии и во избежание подсветки анодов шунти-

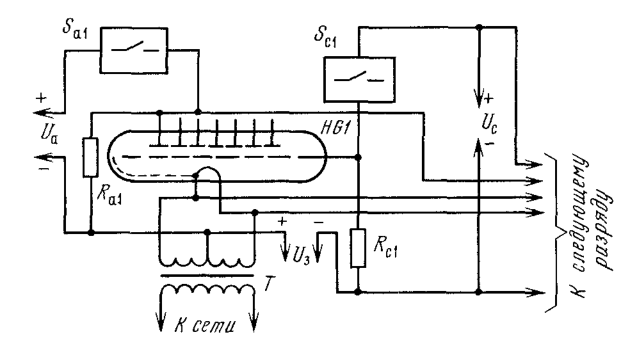


Рис. 3.4. Схема включения одноразрядных ВЛИ при динамическом режиме управления

ровать промежутки анод—катод резисторами сопротивлением (в омах) $R_a \leqslant 1/I_{ут.а\,мах}$, где $I_{ут.а\,мах}$ — максимальный ток утечки ключа (в амперах) в анодной цепи при выбранном анодном напряжении ВЛИ.

В динамическом режиме (рис. 3.4) могут работать как одноразрядные, так и многоразрядные ВЛИ. При этом по цепям сетки включаются выбранные знакоместа, а по цепям анодов — сегменты в выбранном знакоместе. Для надежного закрывания индикатора на время, когда на сетке нет входного сигнала, на нее необходимо подавать закрывающее напряжение. Сопротивление резисторов в цепи сетки вычисляется по формуле

$$R_c \leqslant 0{,}05U_з/I_{ут\,с\,мах},$$

где $U_з$ — закрывающее напряжение на сетке; $I_{ут\,с\,мах}$ — максимальный ток утечки ключей в цепи сетки при выбранном напряжении на сетке.

При построении различных средств отображения с использованием ВЛИ нередко применяют микросхемы серий К120 и К161, в состав которых наряду с логическими элементами, сумматорами, регистрами входят и специализированные микросхемы для управления ВЛИ.

Микросхемы типа К120ХЛ предназначены для приема и хранения цифровой, буквенной, знаковой информации и вывода ее на матричные одно-, двух- или трехцветные ВЛИ, имеющие организацию 7×5 элементов каждого цвета. Микросхемы изготавливают семи типов (табл. 3.1).

Эти микросхемы рассчитаны на прием информации в последовательном коде и имеют два входа выбора кристалла. Один из 13 режимов работы задается внешними сигналами.

Недостатком р-МОП микросхем серии К161 является то, что они требуют подачи на вход сигналов отрицательной логики. Недостатком преобразователей типа К161ПР2 и К161ПР3 является небольшой выходной ток, что не всегда допускает прямое подключение к ним ВЛИ. Достоинство этих микросхем — наличие входного регистра.

При использовании семисегментных ВЛИ совместно с ними применяются микросхемы К176ИЕ3 и К176ИЕ4 (рис. 3.5). Микросхемы К176ИЕ3 — это счетчики импульсов по модулю 6 с дешифратором, преобразующим двоичный код в семисегментный. Микросхемы К176ИЕ4 — счетчики импульсов по модулю

Таблица 3.1

Условное обозначение	Цвет ВЛИ
К120ХЛ1	Зеленый
К120ХЛ2	Красный
К120ХЛ3	Синий
К120ХЛ4	Зеленый, красный
К120ХЛ5	Красный, синий
К120ХЛ6	Зеленый, синий
К120ХЛ7	Зеленый, красный, синий

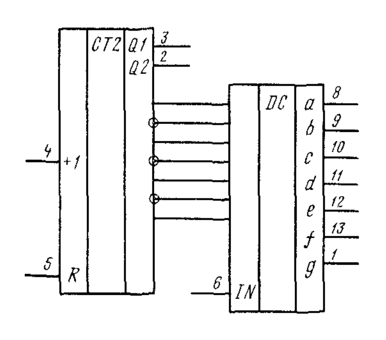


Рис. 3.5. Структура микросхем К176ИЕ3, К176ИЕ4

10 с аналогичным дешифратором. Назначение их выводов: +1 — счетный вход; R — вход установки в нулевое состояние; IN — управляющий вход; a—g — выходы к сегментам индикатора; Q1 — выход счетчика по модулю 2 для К176ИЕ3 (по модулю 4 для К176ИЕ4); Q2 — выход счетчика по модулю 6 для К176ИЕ3 (по модулю 10 для К176ИЕ4).

Напряжение высокого уровня на входе R переводит в нулевое состояние все внутренние триггеры счетчика, при этом на выходе дешифратора выставляется код нуля. Сигнал на входе IN переключает активный уровень на выходах a—g. При напряжении низкого уровня на входе IN активный уровень выходов — напряжение высокого уровня, при напряжении высокого уровня на входе S — напряжение низкого уровня. По выходу Q1 реализуется деление входных импульсов на 2 для К176ИЕ3 (на 4 для К176ИЕ4), по выходу Q2 – деление на 6 для К176ИЕ3 (на 10 для К176ИЕ4).

На рис. 3.6 приведены два варианта подключения ВЛИ к микросхемам К176ИЕ3 и К176ИЕ4. Напряжение накала выбирают в соответствии с типом индикатора. Подбором напряжения питания в пределах 25...30 В (рис. 3.6, *а*) или —(15...20) В (рис. 3.6, *б*) можно изменить яркость свечения сегментов. Транзисторы в первом варианте могут быть любые кремниевые структуры n-p-n с напряжением коллектор — эмиттер не менее 30 В, во втором — структуры p-n-p с обратным током коллектора не более 1 мкА (при напряжении 25 В). Если этот ток больше, то между анодами и одним из выводов катода необходимо включить резисторы сопротивлением 30...60 кОм. То же делают при использовании германиевых транзисторов.

В тех случаях, когда применяются счетчики импульсов без встроенных дешифраторов, необходимо использовать внешние дешифраторы, например К176ИД2 и К176ИД3. Они предназначены для управления семисегментными буквенно-цифровыми индикаторами. Отличие К176ИД3 от К176ИД2 заключается в том, что ее выходы выполнены с открытым стоком.

Микросхема К176ИД2 содержит преобразователь сигналов двоично-десятичного кода в сигналы управления семисегментным индикатором. Кроме того, в ней есть еще триггеры, позволяющие запомнить сигналы входного кода.

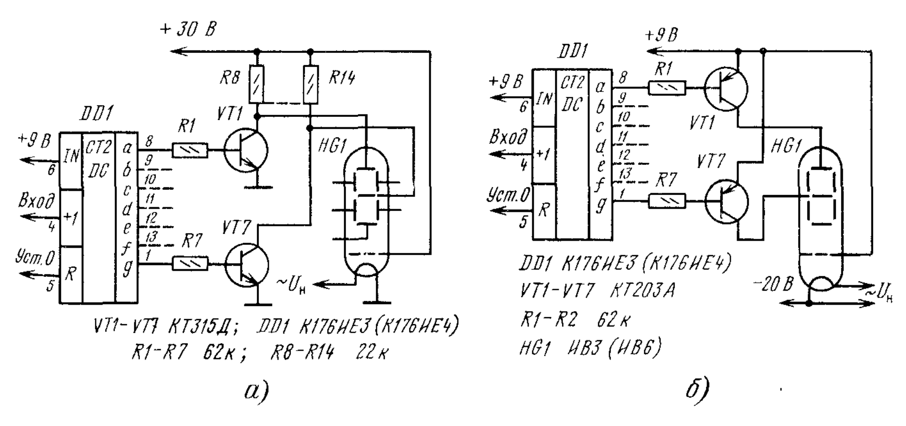


Рис. 3.6. Схемы подключения ВЛИ к микросхеме К176ИЕ3

Микросхема имеет четыре информационных (для подачи сигналов в коде 1-2-4-8) и три управляющих (DE, TR и IN) входа. Уровень на входе IN определяет полярность выходных сигналов. Если на нем напряжение высокого уровня (лог. «1»), то для зажигания сегментов используется напряжение низкого уровня на выходах, и наоборот. Напряжение высокого уровня на входе $\overline{\mathrm{DE}}$ гасит индицируемый знак, а напряжение низкого уровня разрешает индикацию. По входу TR управляют работой триггеров памяти. При наличии на нем напряжения высокого уровня триггеры превращаются в повторители и изменение сигналов на информационных входах D1, D2, D4, D8 соответственно изменяет выходные напряжения. Если же на входе TR напряжение низкого уровня, то сигналы, имевшиеся на информационных входах перед этим, запоминаются и микросхема на изменение сигналов на этих входах не реагирует.

Для согласования микросхемы К176ИД2 с ВЛИ можно использовать МОП-транзисторы с индуцированным каналом p типа, входящие в состав ком-

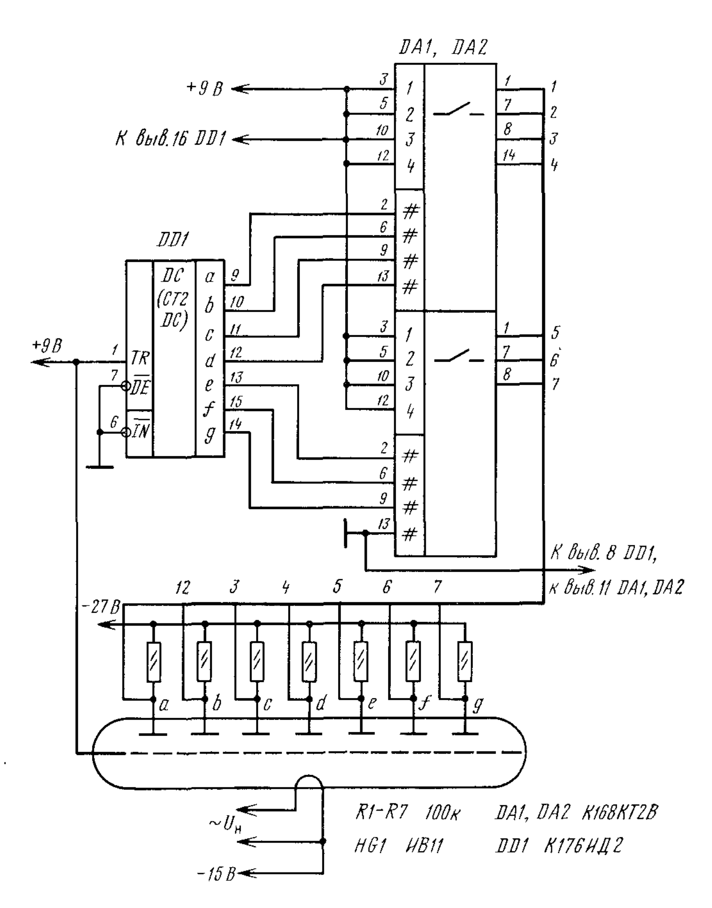


Рис. 3.7. Схема согласования микросхем серии К176 с ВЛИ

мутаторов К168КТ2В, К190КТ1 или К190КТ2 (рис. 3.7). На катод индикатора подают напряжение —(15...20) В. Резисторы R1—R7 и источник напряжения —27 В необходимы лишь для динамической индикации. При появлении напряжения низкого уровня на выходах счетчика-дешифратора DD1 открываются соединенные с ними транзисторы-коммутаторы из микросхем DA1 и DA2. Это вызывает ток через соответствующие аноды-сегменты, и они начинают светиться.

Такой способ питания счетчиков-дешифраторов позволяет независимо выбирать напряжения питания микросхем и анода индикатора. Напряжение анода можно выбирать исходя из необходимой яркости свечения и предельно допустимого напряжения между истоком и стоком транзисторов коммутаторов.

Аналогично можно согласовать счетчики К176ИЕ3, К176ИЕ4, К176ИЕ8, К176ИЕ9.

Микросхема К176ИД3 имеет ту же логику работы, что и К176ИД2. Отличие состоит в том, что ее выходные каскады выполнены с открытым стоковым выходом, поэтому их можно подключать непосредственно (без DA1, DA2) к анодам ВЛИ по схеме, показанной на рис. 3.7. Управляющий вход TR соединяют с общим проводом.

Как подавать импульсы на сетки ВЛИ, показано на рис. 3.8: C1, C2, C4, C5 — выводы, подключаемые к сеткам в соответствующих разрядах индикатора, C3 — к сетке точки. Аноды индикаторов соединяют с выходами микросхемы К176ИД2 через ключи, подобные ключам на VT1—VT7 (рис. 3.6) или выполненные в соответствии с рис. 3.7. Следует иметь в виду, что напряжение на общих выводах резисторов R8—R14 (рис. 3.6, *а*) и R1—R7 (рис. 3.7) должно быть на 5...10 В больше (по абсолютному значению) отрицательного напряжения на катодах. Эту схему подачи импульсов можно использовать для управления как одноразрядными ВЛИ, так и многоразрядными, например ИВЛ1-7/5, ИВЛ2-7/5, предназначенными специально для часов.

Микросхема К176ИЕ18 во многом схожа с микросхемой К176ИЕ12 (см. рис. 2.4), но имеет и ряд важных отличий. Во-первых, выводы 1—4 выполнены

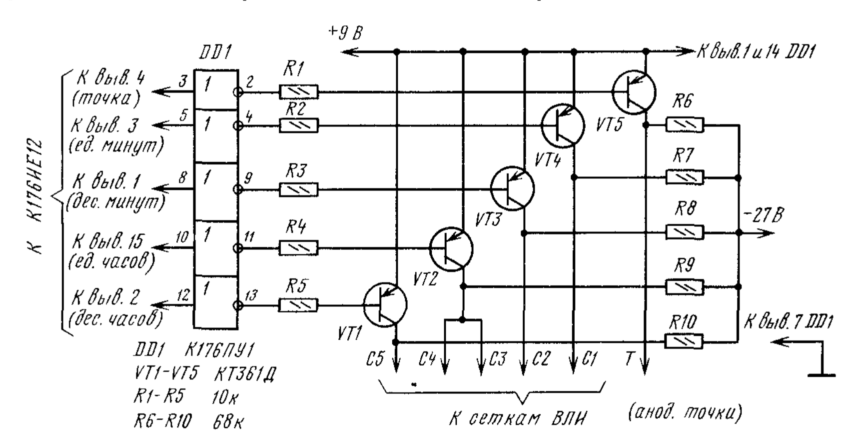


Рис. 3.8. Схема подачи импульсов на сетки ВЛИ

с открытым стоком, что позволяет подключать к ним сетки ВЛИ без согласующих ключей. Во-вторых, для надежного закрывания индикаторов по сеткам скважность импульсов по выходам 1—4 составляет 32/7 (а не 32/8, как у К176ИЕ12). Кроме того, при подаче на вход R сигнала установки в нулевое состояние на всех выходах 1—4 появляется напряжение низкого уровня, поэтому специального сигнала гашения на входе DE не требуется.

В микросхеме К176ИЕ18 предусмотрена возможность изменения яркости ВЛИ в зависимости от уровня внешней освещенности. Подавая на вход G напряжение высокого уровня, можно в 3,5 раза увеличить скважность импульсов на выходах 1—4 и во столько же раз уменьшить яркость свечения индикаторов. Сигнал на вход G может поступать или с переключателя яркости, или с делителя напряжения (9 В), составленного из фоторезистора (верхнее плечо) и постоянного резистора сопротивлением 100 кОм... 1 МОм (нижнее плечо). Постоянный резистор подбирают так, чтобы при нужном уровне освещенности изменялась яркость.

На рис. 3.9 приведена схема управления работой 16-сегментного индикатора. Входную информацию кодируют в соответствии с табл. 3.2. Она представляет собой часть кодовой таблицы КОИ-7, используемой для кодирования символов в ЭВМ. Местоположение символа в таблице однозначно определяется адресом колонки и адресом строки. Например, символу К соответствует адрес $(6B)_{16}$. Адреса символов записываются в шестнадцатеричной системе счисления. В табл. 3.3 представлены коды, записанные в DS1 и DS2 по соответствующим адресам. Так, по адресу $(6B)_{16}$ хранится код $(38C0)_{16}$ или $(00111000\ 11000000)_2$ в двоичной системе, каждый разряд которого используется для управления соответствующим сегментом индикатора, с тем чтобы получить изображение символа К.

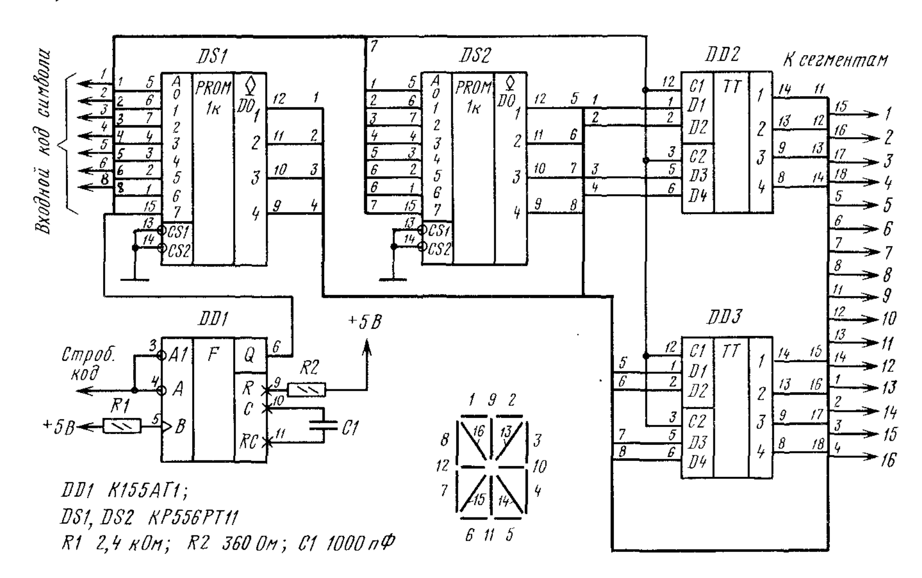


Рис. 3.9. Схемы дешифратора для 16-сегментного ВЛИ (DD2, DD3 — К155ТМ5)

Таблица 3.2

Адрес	Символ			
	A6 A5 A4	3	6	7
A3 A2 A1 AØ				
0		0	Ю	П
1		1	А	Я
2		2	Б	Р
3		3	Ш	С
4		4	Д	Т
5		5	Е	У
6		6	Ф	Ж
7		7	Г	В
8		8	Х	Б
9		9	И	Ы
A		—	Й	З
B			К	Ш
C			Л	Э
D			М	Щ
E			Н	Ч
F			О	Ь

Таблица 3.3

Адрес	Код			
	A6 A5 A4	3	6	7
A3 A2 A1 AØ				
		00FF	0DDE	00CF
1		100C	S20C	4A8F
2		4237	DAFB	0AC7
3		123B	20FC	00F3
4		0A8C	503C	0530
5		0ABB	08F3	823C
6		0AF9	0F87	FF00
7		5003	00C3	38F3
8		0AFF	F000	0AE8
9		0A9F	50CC	0CEC
A			51CC	3033
B			38C0	05FC
C			500C	023F
D			90CC	25FC
E			0ACC	820C
F			00FF	0719

Схему на рис. 3.9 можно использовать для вывода информации в составе микроЭВМ.

Шестнадцатиразрядный код в преобразователе получается в два этапа, по 8-разрядному коду на каждом из них. Сначала формируют нечетные — первый и третий — 4-разрядные коды (в нашем примере — коды 0 и 8), затем четные — второй (С) и четвертый (3). Коды формируются в ПЗУ DS1, DS2. Переходом по этапам преобразования управляет формирователь на микросхеме DD1. При каждом поступающем входном импульсе формирователь вырабатывает короткий импульс высокого уровня, который используется для адресации ПЗУ по шине A7 и перезаписи получаемого 8-разрядного кода в буферный регистр на микросхемах DD2, DD3 (это — первый этап). С окончанием импульса с формирователя (второй этап) на адресной шине A7 устанавливается напряжение низкого уровня, а на выходах ПЗУ устанавливаются четные коды, которые совместно с нечетными (с выходов буферного регистра) образуют 16-разрядный код преобразователя.

Информация, необходимая для программирования ПЗУ DS1, DS2, представлена в табл. 3.4 и 3.5 соответственно.

Использование диодно-резистивных преобразователей десятичного кода в код семисегментных индикаторов проиллюстрировано рис. 3.10. Цифры формируются путем гашения не задействованных при этом сегментов. Их шунтируют малым сопротивлением диодов, включенных в прямом направлении. Управляющие сигналы подают на логический элемент (К155ИД1), коммутирующий соответствующие выводы индикатора на общий провод. Например, если с общим проводом будут соединены через диоды VD12 и VD10 выводы 4 и 10 ВЛИ, то соответствующие сегменты погаснут и на индикаторе будет высвечена цифра 5.

HG1 ИВ22
VD1-VD14 Д9Ж
R1-R7 20к

К выходам К155ИД1

Рис. 3.10. Схема диодно-резистивного дешифратора для семисегментного ВЛИ

VD1-VD8 Д9К
R2-R8 5,1к
HG1 ИВ12; DD1 К155ИД1

Рис. 3.11. Схема дешифратора для семисегментного ВЛИ

Таблица 3.4

Адрес	Код DS1															
А3...А0	Адрес А7...А4															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	F	0	0	D	C
1	0	0	0	1	0	0	5	4	0	0	0	0	0	0	0	8
2	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	F	C
3	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	3	0	0	F	F
4	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	8	0	0	3	0
5	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	8	0	0	F	3
6	0	0	0	0	0	0	0	F	0	0	0	F	0	0	8	0
7	0	0	0	5	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	C	F
8	0	0	0	0	0	0	F	0	0	0	0	F	0	0	0	F
9	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	9	0	0	C	E
A	0	0	0	0	0	0	5	3	0	0	0	0	0	0	C	3
B	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	C	F
C	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	3
D	0	0	0	0	0	0	9	2	0	0	0	0	0	0	C	F
E	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	C	0
F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	F	1

Таблица 3.5

Адрес	Код DS2															
А3...А0	Адрес А7...А4															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	0	0	0	0	0	0	D	0	0	0	0	F	0	0	E	F
1	0	0	0	0	0	0	2	A	0	0	0	C	0	0	C	F
2	0	0	0	2	0	0	A	A	0	0	0	7	0	0	B	7
3	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	C	3
4	0	0	0	A	0	0	0	5	0	0	0	C	0	0	C	3
5	0	0	0	A	0	0	3	2	0	0	0	8	0	0	3	C
6	0	0	0	A	0	0	F	F	0	0	0	9	0	0	7	0
7	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	3	0	0	3	3
8	0	0	0	A	0	0	0	A	0	0	0	F	0	0	0	8
9	0	0	0	A	0	0	0	C	0	0	0	F	0	0	C	C
A	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	C	3
B	0	0	0	0	0	0	8	5	0	0	0	0	0	0	0	C
C	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	C	F
D	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	C	C
E	0	0	0	0	0	0	A	2	0	0	0	0	0	0	C	C
F	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	F	9

Во многих радиолюбительских устройствах применяют ВЛИ, чтобы индицировать состояние счетчиков. Управлять ими можно так, как показано на рис. 3.11. При поступлении на входы DD1 сигналов, соответствующих какому-либо десятичному состоянию счетчика (пусть — 1), на одиом из выходов дешифратора (в данном примере на выводе 15) появится напряжение низкого уровня, а на остальных — напряжение высокого уровня. Это откроет диоды VD1—VD3, VD5, VD7, VD8 и транзистор VT1. В результате на сегментах а,

d, e, f, g будет низкое напряжение и свечение будет отсутствовать. К сегментам c и b приложено напряжение питания, и они будут светиться. Транзистор VT1, как видно из рисунка, включается при нечетных состояниях счетчика.

Вместо указанных на схеме элементов можно использовать микросхемы К133ИД1, К133ИД6 и индикаторы ИВ-3, ИВ-6, ИВ-28, ИВ-11, изменяя соответствующим образом напряжение питания.

3.2. Устройства отображения на основе сегментных ВЛИ

Вакуумные люминесцентные индикаторы могут применяться во всех узлах с динамической индикацией, рассмотренных в гл. 1. Здесь описан ряд конкретных устройств с использованием одно- и многоразрядных ВЛИ.

Согласование p-МОП микросхем серии 161 с КМОП микросхемами серий 176, 561 и 564 позволяет заметно уменьшить число навесных элементов по сравнению с узлами, в которых анодные и сеточные ключи выполнены на дискретных элементах (рис. 3.12).

Счетчик DD2 при подаче на его вход импульсов с частотой следования 2...6 кГц с генератора на элементах DD1.1, DD1.2 формирует 3-разрядный код адреса. Код поступает на мультиплексоры входных данных DD3—DD6 и дешифратор-распределитель DD7. Мультиплексоры передают информационный код на дешифратор DD8.

Между дешифраторами и индикаторами включены восемь сеточных (DD9, DD10) и семь анодных (DD11) ключей. Сегмент ВЛИ загорается, когда на выходах DD7 будет напряжение высокого уровня, а на выходах DD8 — низкого. Это соответствует открытому состоянию ключей DD9—DD11. При этом напряжение высокого уровня на входах микросхем серии К161 должно быть более —8,5 В относительно общего вывода микросхемы (см. табл. 3.1).

Элементы R5, VD3 закрывают ВЛИ на время отсутствия управляющего сигнала на сетках. Напряжение питания ключей стабилизировано параметрическим стабилизатором R7, VD2. Чтобы предотвратить самопроизвольное открывание ключей DD11 (при появлении помех в цепи питания 15 В), напряжение питания микросхем DD1—DD8 выбрано на 3 В ниже напряжения источника.

Если необходимо, чтобы сегмент зажигался при напряжении высокого уровня на входе дешифратора DD8, вход 6 DD8 соединяют с общим проводом, а микросхему К161КН2 заменяют на К161КН1. Вместо индикаторов ИВ-11 в узле можно использовать ИВ-3А, ИВ-6, ИВ-12, ИВ-18, ИВ-21, ИВ-22 и др. при соответствующем изменении напряжения накала. Замена микросхем К176ИД2 и К161КН2 (DD11) одной К161ПР3 нежелательна, так как ее допустимый ток заметно меньше (см. табл. 3.1).

При работе ВЛИ в динамическом режиме на сетку надо подавать закрывающее напряжение. Кроме того, узел содержит значительное число навесных элементов. Чтобы устранить эти недостатки, иногда целесообразно перейти от коммутации сеток к коммутации катодов. Пример устройства, реализующего этот принцип, приведен на рис. 3.13.

Двухразрядный код с частотой смены 400 Гц для реализации динамического режима с устройства управления поступает на входы двоично-десятичного

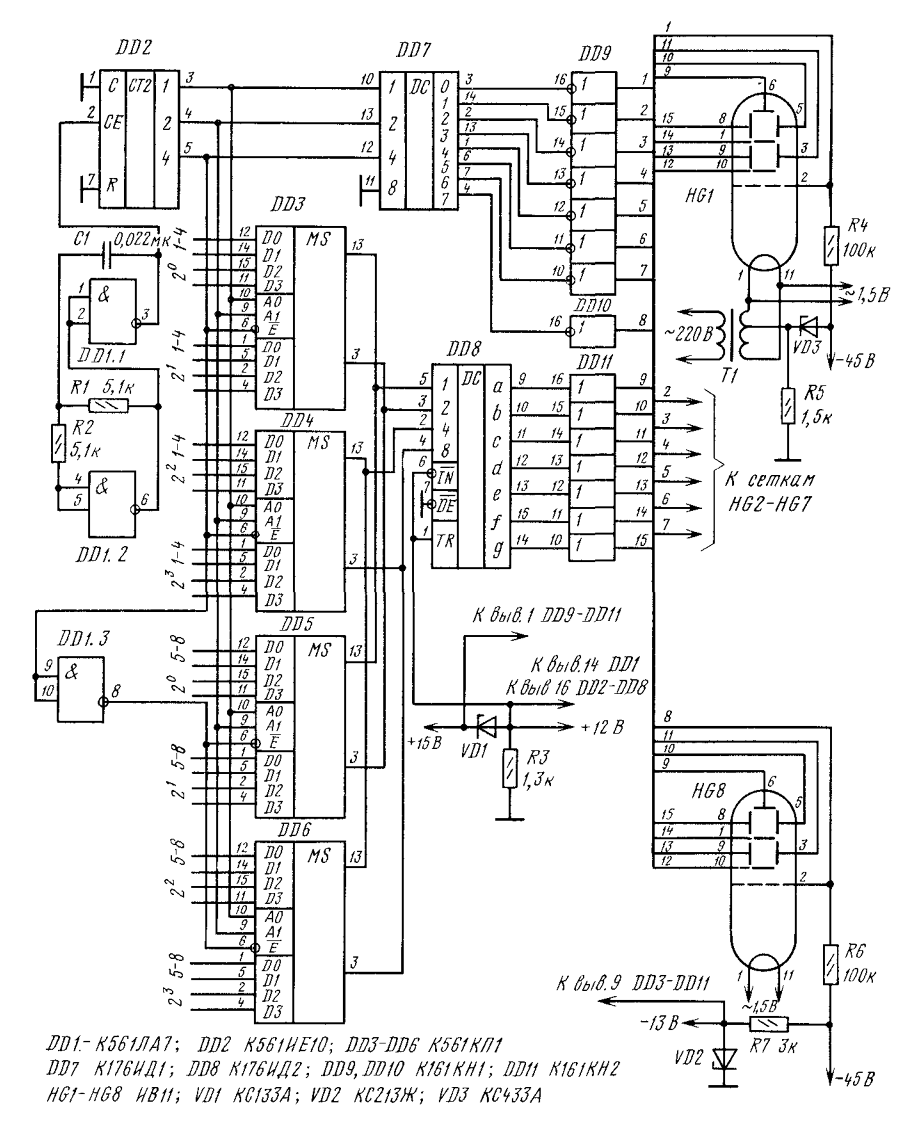


Рис. 3.12. Схема динамической индикации на основе мультиплексоров

дешифратора К155ИД1 (DD4) и входы выбора двух мультиплексоров К155КП2 (DD2, DD3). Сигналы поочередно со всех счетчиков через мультиплексоры передаются на вход преобразователя кодов, состоящего из дешифратора двоично-десятичного кода в позиционный код семисегментных ППИ К514ИД2 и семи ключей на двух микросхемах К1НТ661 для управления анодами ВЛИ.

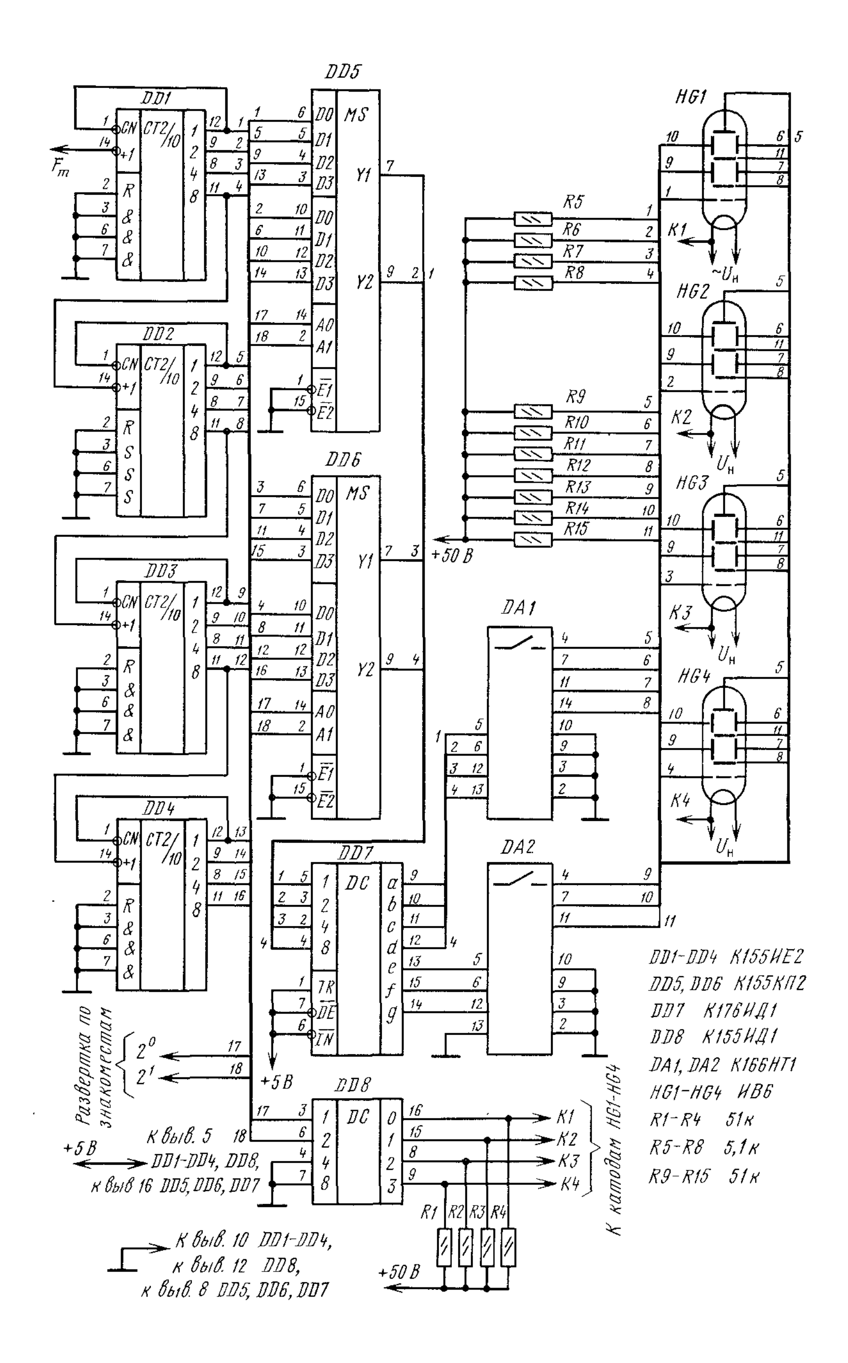


Рис. 3.13. Схема динамической индикации с коммутацией катодов

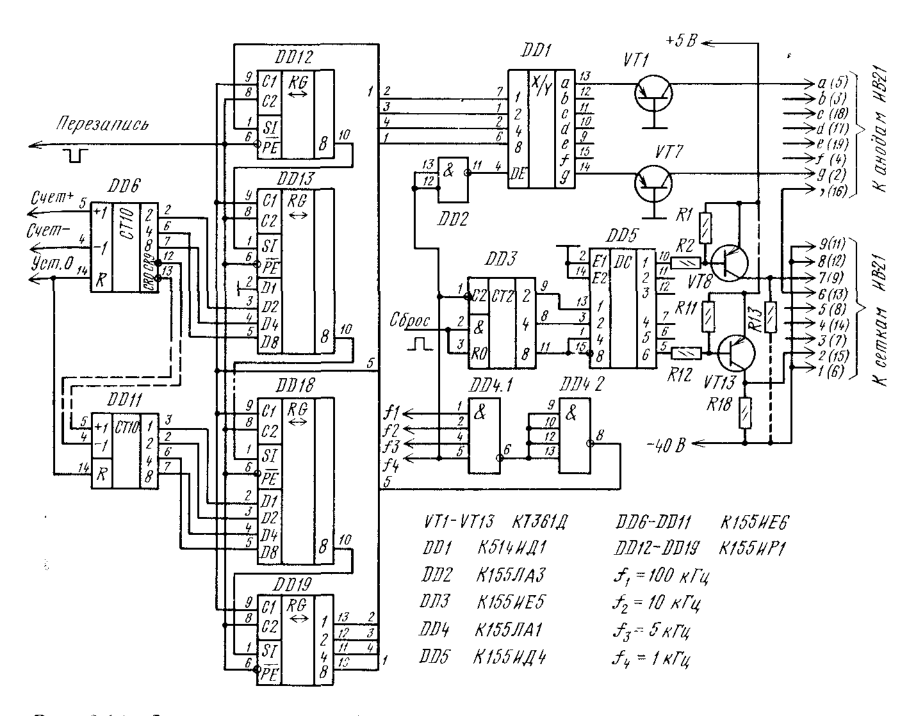


Рис. 3.14. Схема динамической индикации без использования мультиплексоров

На сетки индикаторов HG1—HG4 постоянно подается положительное напряжение, а из четырех катодов в каждый момент времени только один подключен к общему проводу. Порядковый номер включенного ВЛИ соответствует состоянию счетчика, информация которого индицируется в данный момент. Частота коммутации индикаторов равна 100 Гц. Так как катоды индикаторов должны быть гальванически развязаны друг от друга, то трансформатор питания должен иметь четыре накальные обмотки.

Если необходимо увеличить число разрядов до восьми, следует заменить мультиплексоры К155КП2 на К155КП7 и подавать на их входы выбора 3-разрядный код.

Фрагмент схемы цифровой шкалы с динамической индикацией изображен на рис. 3.14. На входы элемента 4И—НЕ DD4.1 подают сигналы частотой 100, 10, 5 и 1 кГц, в результате чего на выходе DD4.2 формируются пачки из четырех импульсов, следующие с частотой 1 кГц. Частота повторения импульсов внутри пачки 100 кГц. Эти пачки приходят на вход C1 сдвиговых регистров DD12—DD19, включенных по кольцевой схеме. Поскольку выход 8 DD19 соединен с входом S1 DD12, на выходах последних четырех разрядов сдвигового регистра DD19 последовательно появляются коды, соответствующие цифрам, подлежащим индикации.

Код необходимых цифр через преобразователь DD1 двоично-десятичного кода в позиционный код индикатора и через транзисторы VT1—VT7 подается на

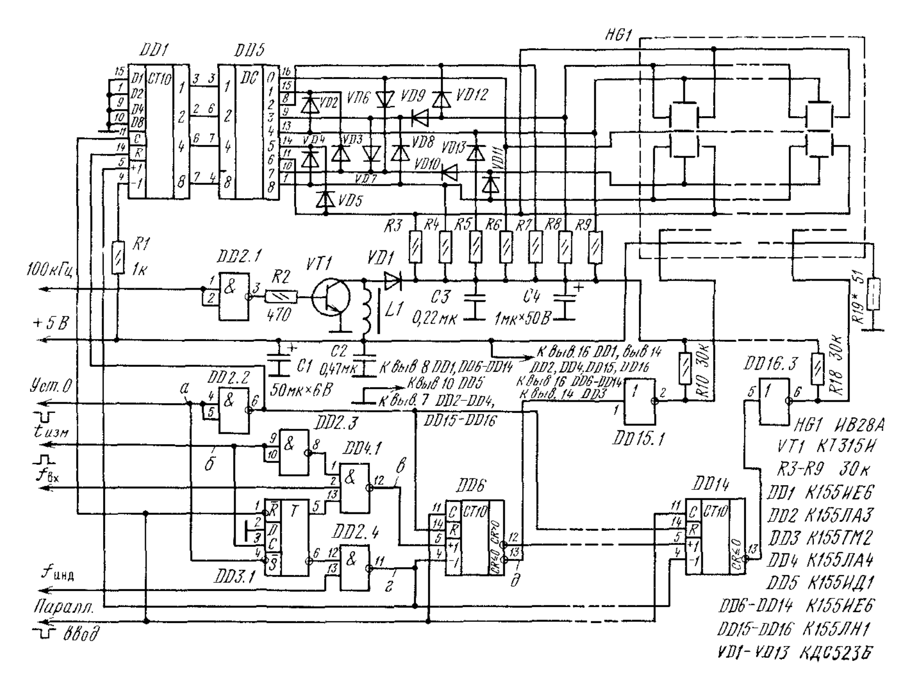


Рис. 3.15. Схема динамической индикации методом досчета

соответствующие аноды индикатора ИВ21. Одновременно с каждой пачкой из четырех импульсов на вход С2 счетчика DD3 приходит импульс, переключающий его в новое состояние. Состояние счетчика дешифруется микросхемой DD5, выходы которой через транзисторы VT8—VT13 соединены с сетками индикатора. В результате в нем поочередно высвечиваются цифры в каждом разряде.

После установки в нуль счетчика DD3, происходящей одновременно с перезаписью информации из реверсивного счетчика DD6—DD11 в сдвиговый регистр DD12—DD19, появляется сигнал на неиспользуемом выходе 9 DD5. Положительное напряжение на сетки при этом не подается. После прихода на вход сдвигового регистра первой пачки импульсов на выходах микросхемы DD19 появляется код цифры старшего разряда. Одновременно на сетку седьмой цифры индикатора (счет ведется справа налево) подается положительное напряжение — индицируется цифра в старшем разряде. Спустя 0,8 мс поступает новая пачка, на выходе DD19 появляется код цифры следующего разряда, на шестую сетку подается положительное напряжение и т. д. Одновременно с зажиганием шестой цифры положительное напряжение подается и на анод (первые две цифры отделены от остальных запятой).

Импульсы перезаписи имеют частоту 12,5 Гц, импульсы сеточного напряжения 125 Гц, т. е. в каждом цикле цифра высвечивается 10 раз. Чтобы исключить подсветку сегментов в момент сдвига, на вход DE преобразователя кода DD1 поступают гасящие импульсы с частотой 1 кГц.

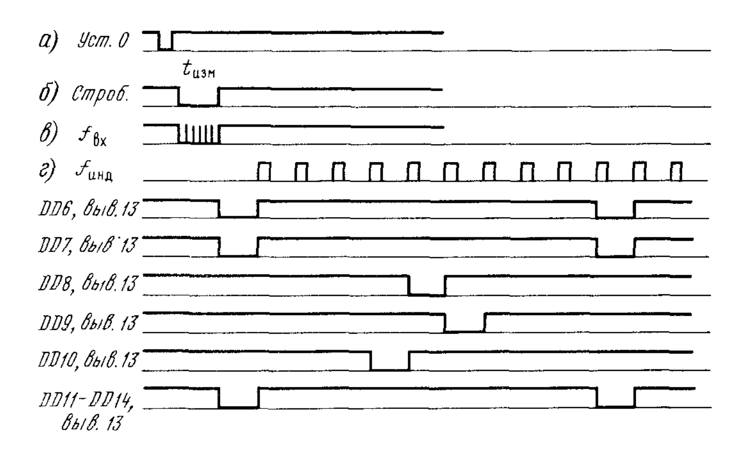


Рис. 3.16. Временные диаграммы, поясняющие работу схемы досчета

Схема устройства, в котором реализован метод досчета, иллюстрирующая включение 9-разрядного семисегментного ВЛИ, показана на рис. 3.15. На микросхемах DD6—DD14 собран последовательный суммирующий 9-разрядный счетчик, подключенный через элемент DD4.1 к выходу устройства. Счетчик DD1, дешифратор DD5 с диодной матрицей VD2—VD13 образуют знакосинтезатор — формирователь семисегментного кода. Переключатель режима работы состоит из триггера DD3.1 и элементов совпадения DD2.3, DD2.4, DD4.1. Высоковольтными ключами служат инверторы в микросхемах DD15 и DD16.

Импульс сброса (рис. 3.16, *а*) устанавливает по входам R (рис. 3.15) все счетчики устройства в нулевое состояние, а триггер DD3.1 — в единичное (режим измерения); в течение времени измерения (рис. 3.16, *б*) происходит счет входных импульсов (рис. 3.16, *в*). Спадом измерительного импульса триггер DD3.1 переключается, переводя устройство в режим индикации. Пачка импульсов на выходе элемента DD4.1 оканчивается, а на выходе DD2.4 появляются импульсы индикации (рис. 3.16, *г*), которые поступают одновременно на все вычитающие входы счетчиков DD6—DD14 и суммирующий вход счетчика DD1.

С каждым пришедшим импульсом индикации состояние DD6—DD14 уменьшается на единицу. Импульс, возникающий при переходе счетчиков из состояния 0 в состояние 9 на выходе 13 микросхем DD6—DD14, поступает на свой ключ (DD15.1—DD16.3) и зажигает в каждом разряде индикатора цифру, формируемую в данном такте дешифратором DD5. Она совпадает с числом, соответствующим состоянию счетчика в конце времени измерения. На рис. 3.16 представлены временные диаграммы при индикации числа 000046500.

Для питания в динамическом режиме анодов и сеток ВЛИ получают повышенное напряжение с помощью ключевого преобразователя на транзисторе VT1 и дросселе L1 (ДМ-0,4). Необходимое напряжение устанавливают подбором индуктивности дросселя в пределах 0,5...1,0 мГн.

3.3. Устройства отображения на основе шкальных ВЛИ

В радиолюбительской аппаратуре шкальные ВЛИ применяют в качестве разнообразных индикаторов настройки, выходной мощности, измерителей уровня записи. Они безынерционны, удобны в использовании, часто имеют встроенный аналого-позиционный преобразователь.

Для измерения уровня записи (среднего и пикового значений) удобен ВЛИ типа ИВЛШУ1-11/2, содержащий встроенный аналого-позиционный преобразова-

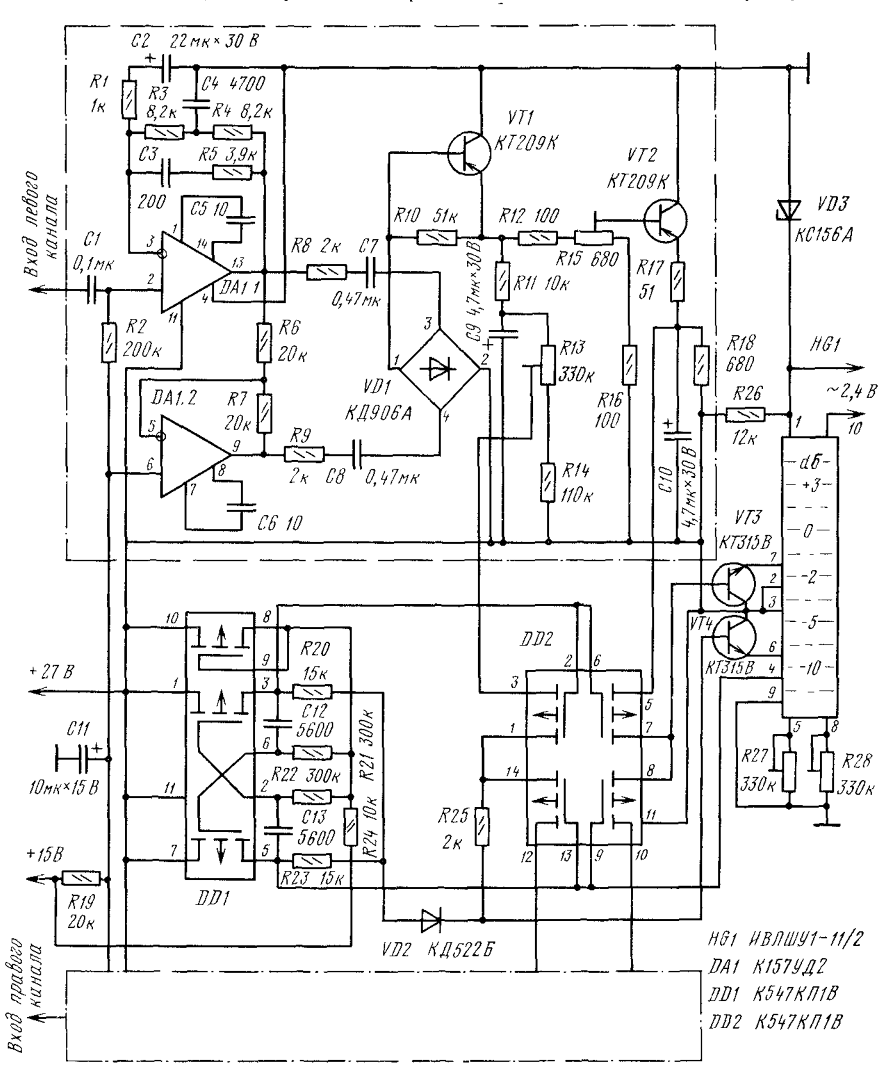


Рис. 3.17. Схема индикатора уровня на ВЛИ типа ИВЛШУ1-11/2

тель Индикатор имеет две шкалы из 11 элементов отображения (три элемента выше нуля, «0 дБ» и семь элементов ниже нуля). Средние и пиковые значе́ния сигнала отображаются соответственно на участках шкалы ниже и выше отметки «0 дБ».

Каждый из каналов измерителя (рис. 3.17) содержит последовательно соединенные неинвертирующий (DA1.1) и инвертирующий (DA1.2) усилители, подключенные к выпрямителю VD1. Напряжение с него подается на две интегрирующие цепи — на R11, R16, C9 непосредственно и на R17, R18, C10 через повторитель на транзисторе VT2. Функции этих цепей - задание времен интегрирования и обратного хода измерителей среднего и пикового значений.

С интегрирующих цепей сигналы поступают на ключи коммутатора DD2 и через согласующие усилители на транзисторах VT3 и VT4 — на индикатор HG1. Индикатор работает в мультиплексном режиме, задаваемом импульсами с симметричного мультивибратора, реализованного на микросхеме DD1. Сигналы этого мультивибратора управляют и работой коммутатора.

Амплитудно-частотная характеристика измерителя в области высших частот скорректирована посредством введения в неинвертирующий усилитель DA1.1 частотно-зависимой отрицательной обратной связи по цепи R3, R4, R5, C3, C4. Это сделано для того, чтобы предотвратить перегрузку магнитной ленты высокочастотными составляющими записываемого сигнала.

Измеритель калибруют в такой последовательности. При максимальном сопротивлении резисторов R27, R28 на оба входа подают сигнал частотой

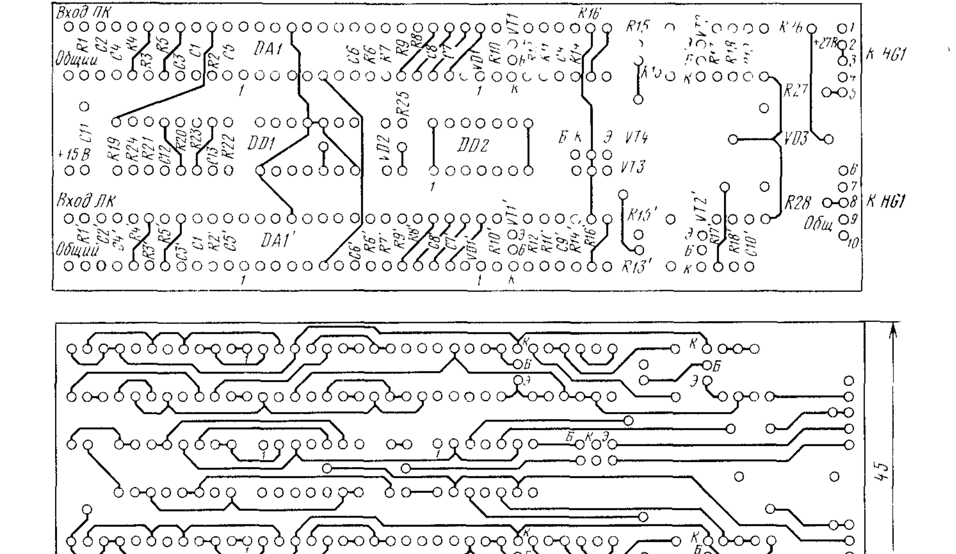


Рис. 3.18. Печатная плата индикатора уровня (рис. 3.17)

400 Гц и номинальным уровнем 300 мВ. Подстраивая резистор R13, добиваются зажигания элементов «0 дБ». Уменьшив напряжение на входах на 20 дБ, подбором сопротивления резистора R27 включают элементы «—20 дБ». После этого уровень увеличивают на 25 дБ и, регулируя резистор R15, включают элементы «+5 дБ». И наконец, установив сигнал на входе, превышающий номинальный уровень на 1 дБ, подстроечным резистором R28 зажигают сегменты «+1 дБ».

На рис. 3.18 приведен чертеж печатной платы рассмотренного индикатора уровня.

Шкальный индикатор выходной мощности можно выполнить на сегментных индикаторах, используя для создания двух шкал (для двух каналов), например, верхние и нижние сегменты в таких ВЛИ, как ИВ-18, ИВ-21, ИВ-27, ИВ-28 и т. п.

Принципиальная схема измерителя с таким шкальным индикатором изображена на рис. 3.19. Устройство содержит входные делители левого R1 и правого R2 каналов, два выпрямителя (VD1 и VD3; VD2 и VD4), коммутатор (VT1, VT2), генератор тактовых импульсов (DD1, DD2, VT3, VT4), набор электронных ключей (S1—SN) и индикатор HG1. Контролируемые сигналы с выходов выпрямителей поступают на коммутатор, который поочередно с частотой, превышающей критическую частоту мельканий, т. е. около 40 Гц, подает их на входы ключей. Частоту коммутации задает генератор тактовых импульсов, состоящий из собственно генератора, выполненного на элементах 2И—НЕ микросхемы DD1, делителя частоты на 2 — триггера DD2 и ключей на транзисторах VT3, VT4. Введение триггера DD2 вызвано необходимостью получить противофазные импульсы со скважностью 2 (в противном случае яркость свечения сегментов в канале была бы неодинаковой).

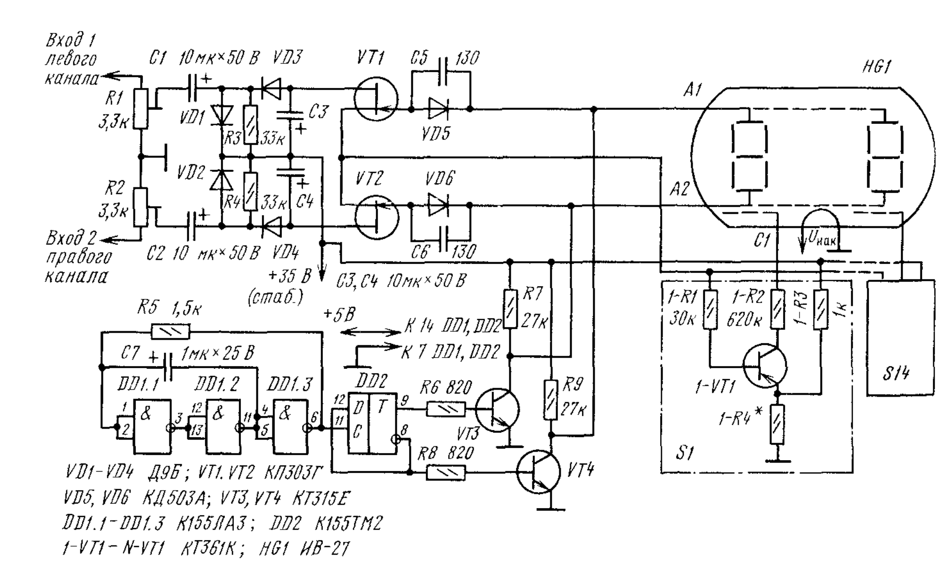


Рис. 3.19. Схема индикатора уровня на сегментном ВЛИ

Импульсы с выхода DD2 поочередно открывают транзисторы VT3, VT4. Сегменты индикатора, подсоединенные к коллектору открытого в данный момент транзистора, оказываются подключенными к общему проводу. Сегменты же, связанные с коллектором закрытого транзистора, оказываются под напряжением питания. Те из сегментов, которые расположены под сетками, соединенными с открытыми транзисторами ключей S1—SN, начинают светиться. Каждый из ключей срабатывает при определенном напряжении на базе транзистора. Порог срабатывания устанавливают делителем 1-R3 , 1-R4 (в первом ключе) и аналогичными в других ключах. При напряжении сигнала на выходе коммутатора, превышающем напряжение на эмиттере приблизительно на 0,6 В, транзистор ключа открывается и напряжение с делителя через участок эмиттер — коллектор и резистор 1-R2 подается на первую сетку индикатора. Расположенный под ней сегмент из ряда, на который подано напряжение, начинает светиться. В следующий момент напряжение питания поступает на сегменты другого ряда. Если сигнал в любом другом канале усилителя имеет такой же или больший уровень, то начинает светиться и первый сегмент этого ряда.

По мере роста уровней сигналов в каналах срабатывают ключи S2, S3, ... и на индикаторе зажигается все большее число сегментов. Сопротивление резисторов 1-R4—N-R4 (в килоомах) при 1-R3=2-R3=...=NR3=1 кОм составляет

$$R4 = [U_{пит}/(U_{ср} - 0{,}6)] - 1,$$

где $U_{пит}$ — напряжение питания; $U_{ср}$ — напряжение срабатывания. В свою очередь, $U_{ср} = \sqrt{P}$, где P — выходная мощность усилителя в ваттах.

При налаживании измерителя подбором резисторов 1-R4—N-R4 добиваются, чтобы напряжения на эмиттерах транзисторов 1-VT1—N-VT1 относительно положительного вывода источника питания стали равны расчетным значениям $U_{ср} \mp 0{,}6$ В. Затем на вход левого канала подают сигнал частотой 1 кГц и уровнем, соответствующим максимальной регистрируемой мощности. Целесообразно ограничить $U_{ср}$ электронных ключей в пределах 1...7,1 В, что соответствует предельной регистрируемой мощности 50 Вт. Тогда входное напряжение (при сопротивлении нагрузки 4 Ом) равно 14,7 В. При этом под-

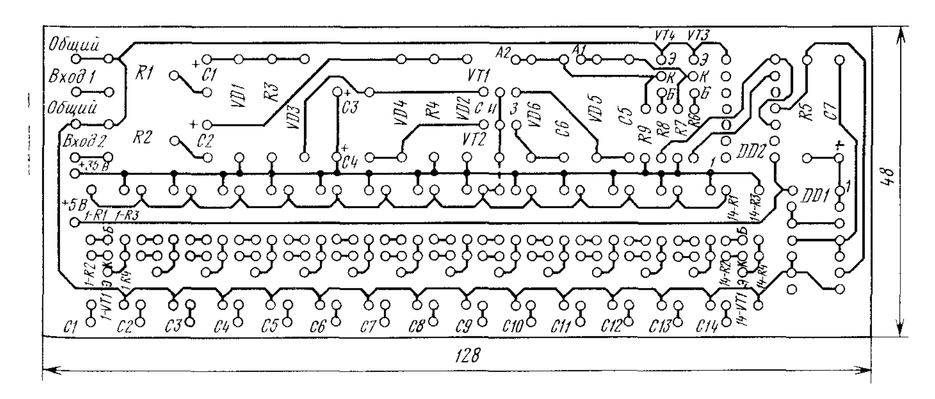


Рис. 3.20. Печатная плата индикатора уровня (рис. 3.19)

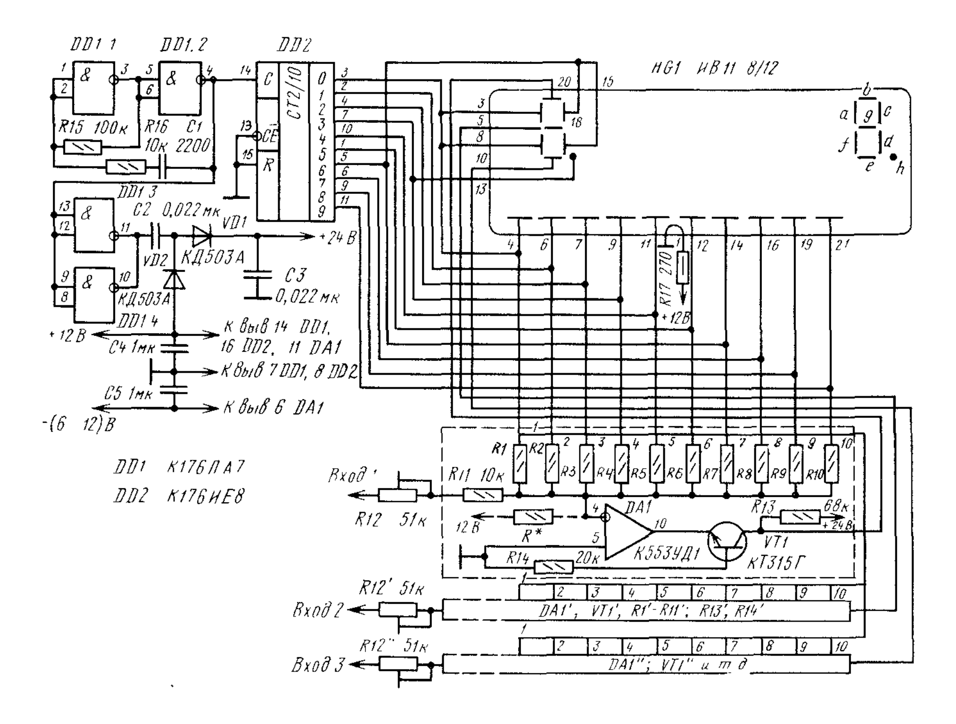


Рис. 3.21. Схема универсального индикатора на сегментном ВЛИ

стройкой резистора R1 добиваются свечения всех сегментов ряда. Аналогично калибруют и правый канал

Печатная плата рассмотренного устройства приведена на рис. 3.20.

В шкальном ВЛИ, реализованном из сегментных индикаторов, можно получить несколько шкал разного характера (рис. 3.21).

С генератора развертки, состоящего из задающего генератора на элементах DD1.1 и DD1.2, и счетчика-дешифратора DD2 на сетки соответствующих знакомест индикатора поочередно поступают разрешающие сигналы. Однако свечение анодов возможно лишь тогда, когда на них подано положительное напряжение с компаратора DA1. Функциональный ЦАП R1 - R10 задает требуемую зависимость длины светящейся линейки шкалы от уровня входного сигнала. К источнику питания 12 В один из резисторов ЦАП подключают с помощью счетчика-дешифратора DD2. Резисторы ЦАП задают уровни напряжений, соответствующих включению отдельных сегментов. Сопротивления этих резисторов можно определить из соотношения

$$R_i = [U_{пит}(R11 + R12/2)] / U_i,$$

где $U_{пит}$ — напряжение питания микросхемы DD2; U_i — напряжение на входе компаратора, при котором должен включаться i-й сегмент.

Часто бывает необходимо, чтобы нулевое входное напряжение соответствовало не началу, а некоторому другому участку шкалы. Тогда в измеритель

вводится резистор сдвига шкалы R*, причем

$$R^* = R_n U / U_{пит}, \ [кОм],$$

где n — номер знакоместа, соответствующего нулевому входному напряжению; U — напряжение источника, к которому подключают резистор R*.

Масштаб всей шкалы можно изменить подбором резистора R11. Для некоторых типичных вариантов шкалы сопротивления резисторов ЦАП приведены в табл. 3.6.

Очевидно, что с помощью одного индикатора можно отобразить несколько величин, например уровень записи в одном или двух каналах (логарифмическая растянутая шкала), точность настройки (S-образная), выходную мощность.

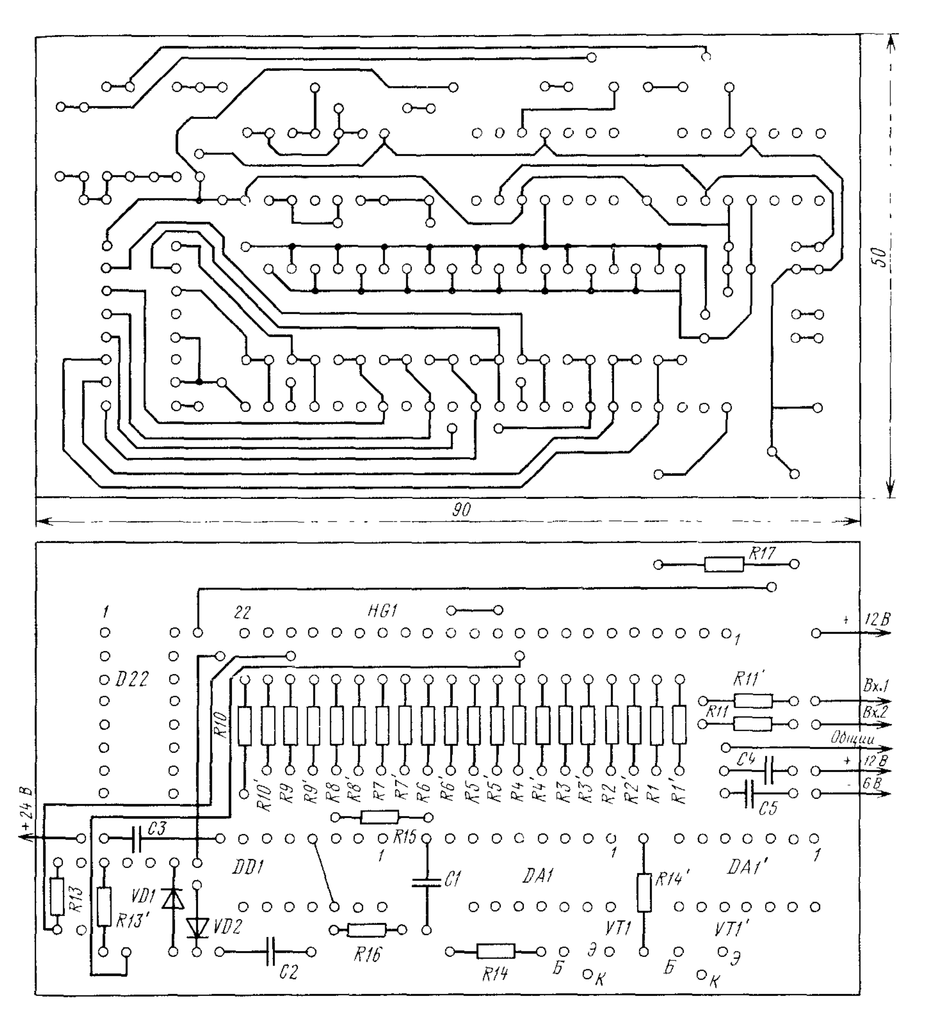


Рис. 3.22. Печатная плата универсального индикатора (рис. 3.21)

Таблица 3.6

Шкала	Сопротивления резистора R_i, МОм									
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
Логарифмическая растянутая	2 (—20)	1,1 (—15)	0,56 (—10)	0,36 (—5)	0,3 (—3)	0,24 (—1,5)	0,2 0	0,16 (+1,5)	0,142 (+3)	0,11 (+5)
Логарифмическая нерастянутая	— (∞)	6,2 (—30)	3,6 (—25)	2 (—20)	1,1 (—15)	0,56 (—10)	0,36 (—5)	0,2 0	0,142 (+3)	0,1 (+6)
S-образная	∞ [+1]	0,6 [+0,3]	0,494 [+0,15]	0,466 [+0.1]	0,442 [+0,05]	0,400 [—0,05]	0,380 [—0,1]	0,365 [—0,15]	0,320 [—0,3]	0,210 [—1.0]
Пропорциональная $\sqrt{U}$	0,43 [—2,8] {1}	0,3 [—4] {2}	0,2 [—6,3] {—5}	0,13 [—9] {10}	0,11 [—11] {15}	0,096 [—12,6] {20}	0,086 [—14] {25}	0,078 [—15,5] {30}	0,072 [—16,7] {35}	0.066 [—18] {40}

Примечания. 1. В скобках указано отображаемое значение контролируемой величины: в круглых — уровень в децибелах, в квадратных — напряжение в вольтах, в фигурных — мощность в ваттах при сопротивлении нагрузки 4 Ом. 2. Сопротивления резисторов для S-образной шкалы даны для случая, когда сопротивление резистора сдвига шкалы $R^*=420$ кОм. 3. Сопротивления резисторов для шкалы, пропорциональной $\sqrt{U}$, даны для случая, когда суммарное сопротивление резисторов R11 и R12 равно 100 кОм.

(пропорциональная $\sqrt{U}$). При этом число компараторов и ЦАП должно соответствовать числу входных сигналов.

В устройстве могут применяться и другие многоразрядные ВЛИ: ИВ-21, ИВ-28, ИВЛ1-8/13, ИВЛ1-8/17 и др. Подбором резистора R17 следует установить требуемый ток катода. В качестве DA1 можно использовать К140УД9, К153УД1, К153УД2 вместо К176ЛА7—К176ЛЕ5. Счетчик-дешифратор К176ИЕ8 можно заменить комбинацией микросхем К176ИЕ1 и К176ИД1.

Устройство питают от двух источников: 12±1,2 В и —(6...12) В. Нестабильность напряжения источника питания 12 В не должна превышать 1%, поскольку она влияет на достоверность показаний индикатора.

На рис. 3.22 приведен чертеж печатной платы многофункционального индикатора.

Глава 4

ГАЗОРАЗРЯДНЫЕ ИНДИКАТОРЫ

4.1. Схемы включения

До появления ВЛИ и ППИ газоразрядные индикаторы (ГРИ) были основными приборами техники индикации. И сейчас они применяются очень широко из-за таких достоинств, как высокая яркость, малая потребляемая мощность, высокое быстродействие. Но значительные рабочие напряжения не позволяют ГРИ непосредственно подключать к цифровым ТТЛ микросхемам.

Промышленность выпускает ГРИ различной конструкции: одноразрядные буквенно-цифровые, многоразрядные цифровые, цифро-аналоговые, шкальные и матричные. Широко распространены также индикаторные тиратроны. Практически все ГРИ представляют собой газоразрядные диоды, содержащие один

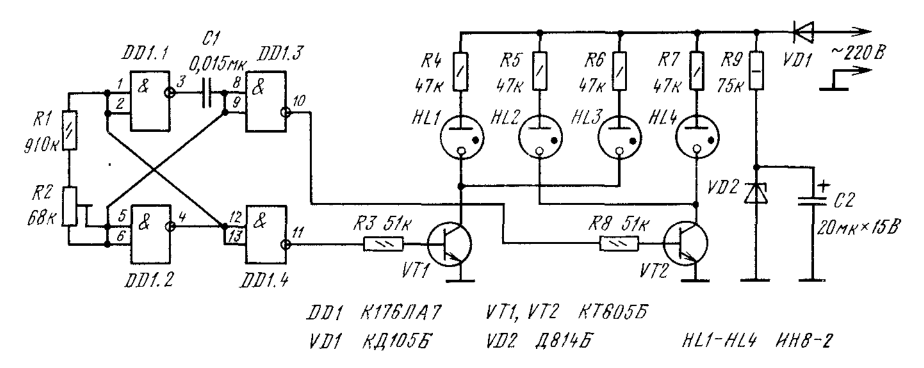


Рис. 4.1. Схема включения ИН-8 в режиме биений

или несколько катодов и анод. При увеличении разности потенциалов на диодном промежутке до 200...250 В ток через него резко возрастает, а газ начинает светиться. Ток обычно ограничивается резистивной нагрузкой.

В одноразрядных ГРИ каждый катод представляет собой определенным образом заданную геометрическую деталь (цифры, буквы). Кроме цифр и букв катоды могут иметь форму знаков «+», «—» и т. д. В многоразрядных и матричных ГРИ электродная часть образуется двумя металлическими решетками. Катодные сегменты в многоразрядных индикаторах располагаются группами, образуя знакоместа, напротив каждого знакоместа находится анод.

Один из вариантов использования знакомоделирующего ГРИ тип ИН8-2 приведен на рис. 4.1. Устройство обеспечивает «переливающееся» отображение нескольких цифр. Такой эффект получается в результате биений частоты генератора, собранного на элементах DD1.1, DD1.2, с частотой сети. Генератор через инверторы на элементах DD1.3, DD1.4 соединен с электронными ключами на транзисторах VT1, VT2, в коллекторную цепь которых попарно включены индикаторы. Поскольку на базы транзисторов поступают противофазные сигналы, получается дополнительный световой эффект — бегущее включение индикаторов: когда яркость свечения индикаторов HL1 и HL3, например, нарастает, яркость HL2 и HL4 уменьшается. Скорость изменения яркости свечения устанавливают резистором R2.

Вместо лампы ИН8-2 можно использовать ИН14 или другие цифровые ГРИ с напряжением зажигания не более 170 В.

На рис. 4.2 показана принципиальная схема анодного ключа, который можно применять в любом устройстве индикации, использующем ГРИ и микросхему К155ИД1. В процессе налаживания устройства подбором резистора R3 получают необходимую яркость излучения индика-

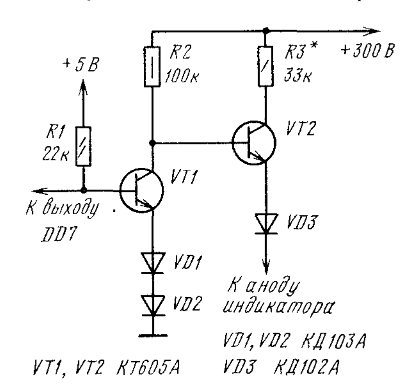


Рис. 4.2. Схема анодного ключа

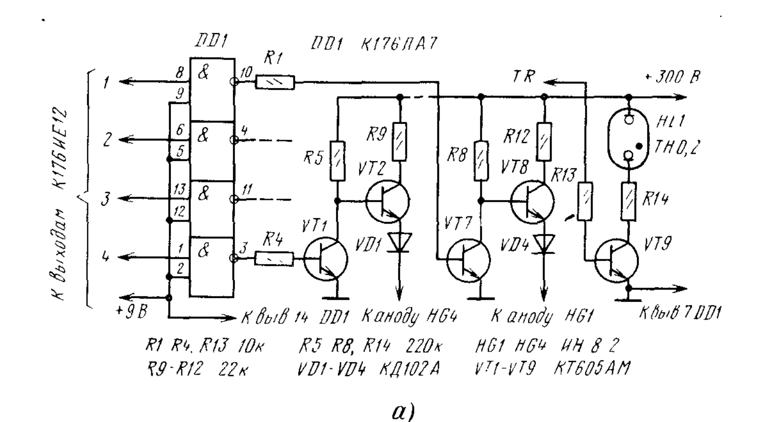


Рис. 4.4. Схема подключения ГРИ к микросхеме серии К176

Рис. 4.3. Схема подключения анодных ключей с управлением от микросхемы серии К176 (*а*) и ее печатная плата (*б*)

тора. Указанные на схеме транзисторы могут быть заменены на транзисторы КТ604, КТ602 или КТ611, диоды VD1, VD2 — любые кремниевые. Вместо диода КД102А можно включить Д226.

Схема анодных ключей с управлением от микросхемы К176ИЕ12 приведена на рис. 4.3. Входы 1 -4 и узла TR соединены с одноименными выходами счетчика К176ИЕ12. Неоновая лампа HL1 служит для индикации разделительной точки. При подборе элементной базы допускается замена транзисторов КТ605АМ

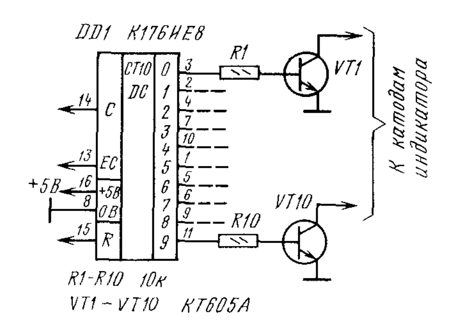


Рис. 4.5. Схема подключения ГРИ к микросхеме через транзисторный ключ

на КТ604 или транзисторные сборки К166НТ1. Для подключения ГРИ к микросхеме серии К176 может использоваться микросхема серии К155 (рис. 4.4).

Цифровые ГРИ через ключи на транзисторах структуры n-p-n можно присоединять к дешифратору К176ИЕ8 (рис. 4.5). В ключевых каскадах применимы и относительно низковольтные транзисторы серий КТ315, КТ301 и др., но в этом случае необходимо ограничить напряжение на их коллекторах (рис. 4.6). Цепь стабилитронов (рис. 4.6, *а*) или дополнительный источник питания (рис. 4.6, *б*) должны быть рассчитаны на напряжение 60 В для транзисторов КТ315В и на 30 В для транзисторов других типов. Диоды VD1—VD10 (рис. 4.6, *а*) — кремниевые, на рабочее напряжение не ниже указанного. При другом напряжении питания анодов ГРИ, которое может составлять 180...300 В, необходимо подобрать резистор R1 (рис. 4.6, *а*) или R11 (рис. 4.6, *б*) в пределах 20...91 кОм. Следует иметь в виду, что при использовании низковольтных транзисторов наблюдается небольшая подсветка неиндицируемых цифр, не мешающая, однако, работе.

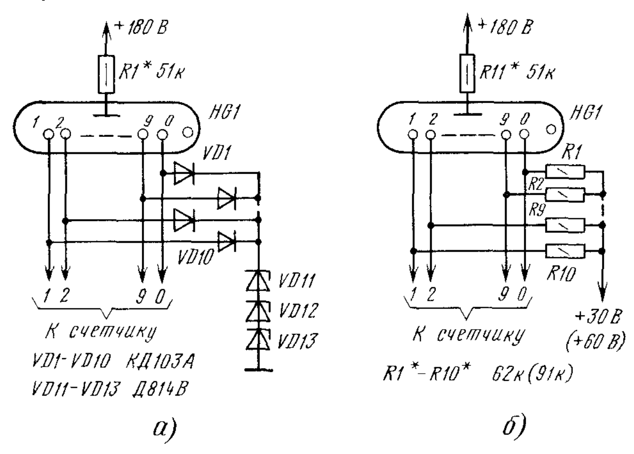


Рис. 4.6. Схемы ключевых каскадов на маломощных транзисторах

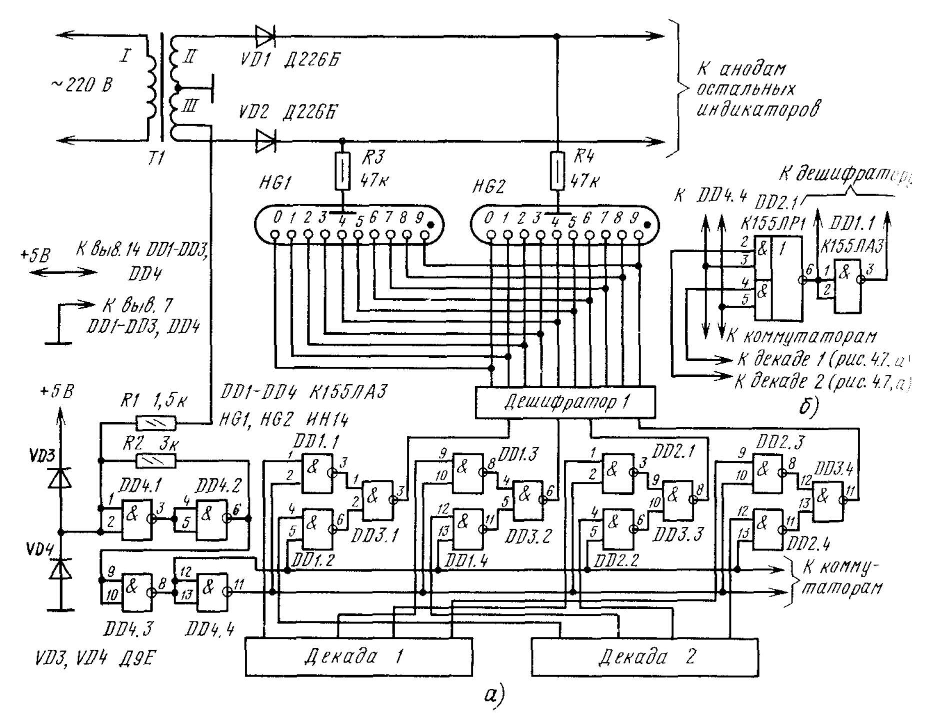


Рис. 4.7. Схема индикации с уменьшенным числом дешифраторов и ключей

Как уже отмечалось, для управления цифровыми ГРИ требуется по десять ключевых транзисторов на каждую декаду. Можно обойтись десятью ключевыми транзисторами на все декады, если применить динамическую индикацию. Однако и в этом случае узел должен содержать генератор и распределитель импульсов, катодный и анодный коммутаторы и при небольшом числе разрядов нет ощутимого преимущества.

При четном числе разрядов количество дешифраторов и ключей можно уменьшить вдвое, если использовать упрощенный вариант динамической индикации (рис. 4.7, *а*). Здесь в одном из полупериодов сетевое напряжение приложено к анодам индикаторов нечетных разрядов, в другом — к анодам индикаторов четных разрядов. Обмотки II и III трансформатора питания T1 играют роль анодных коммутаторов для каждой пары разрядов. С части обмотки III переменное напряжение амплитудой 3...5 В поступает на формирователь прямоугольных импульсов на элементах DD4.1, DD4.2. Элементы DD4.3, DD4.4 — буферные инверторы. С них импульсы поступают на катодный коммутатор на микросхемах DD1–DD3. В один полупериод на его выход будет выведена информация с первой декады, в другой — со второй. В результате каждый из индикаторов высвечивает соответствующую ему информацию. Работа остальных разрядов происходит аналогично.

Декады и дешифраторы можно собрать по любой схеме, например использовать счетчики и дешифраторы типов К155ИЕ5 и К155ИД1. Если информация с декад должна поступать на дешифратор в парафазном коде, то катодный коммутатор собирают на элементах 2-2И-2ИЛИ-НЕ по схеме, изображенной на рис. 4.7, *б*. Следует иметь в виду, что на выходе коммутатора будет инверсия входного сигнала, а для получения его прямого значения служит инвертор DD1.1. Для этого из схемы на рис. 4.7, *а* нужно исключить элементы DD2 и DD3.

При большом числе индицируемых разрядов возможна перегрузка по выходу элементов DD4.3 и DD4.4. В этом случае надо использовать микросхемы с большим коэффициентом разветвления, например К155ЛА6.

Как и для ВЛИ, для ГРИ разработаны узлы автоматической регулировки яркости в зависимости от уровня внешней освещенности. Реализовать широкие пределы регулировки удается лишь в том случае, если питать индикаторы импульсным напряжением звуковой частоты (0,2...10 кГц) постоянной амплитуды. Можно длительность импульсов питающего напряжения сделать постоянной и варьировать частотой их следования, а можно, наоборот, изменять длительность импульсов при постоянной частоте их следования. Однако лучшие результаты получаются тогда, когда при увеличении внешней освещенности возрастают как частота питающих импульсов, так и их длительность. Этот принцип использован в работе узла, схема которого изображена на рис. 4.8. На логическом элементе DD1.1 и транзисторе VT1 собран импульсный генератор. Частота следования и длительность генерируемых импульсов зависят от сопротивления резисторов R1, R2, R7 и емкости конденсатора C1. Регулирующим элементом здесь является фоторезистор. Поэтому параметры импульсов будут зависеть от внешней освещенности. При указанных на принципиальной схеме номиналах и затемненном фоторезисторе на выходе генератора возникают импульсы положительной полярности с частотой следования 200 Гц. При освещенном фоторезисторе длительность импульсов незначительно увеличится, а частота следования повысится до 5 кГц.

Логический элемент DD1.2 играет роль буфера. Через резистор R4 импульсы поступают на базу транзистора VT2, работающего в ключевом режиме и управляющего смещением на базе регулирующего транзистора VT3.

Налаживание узла сводится к установке резистором R2 необходимой яркости свечения цифр ГРИ при затемненном фоторезисторе. При уменьшении номинала этого резистора яркость возрастает, а при увеличении — умень-

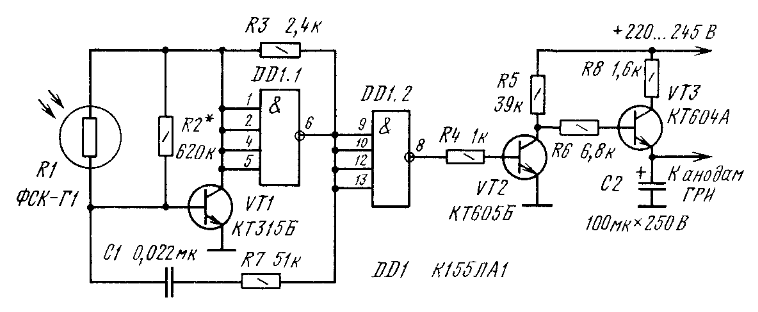


Рис. 4.8. Схема автоматической регулировки яркости свечения ГРИ

шается вплоть до погасания. Если резистор R2 исключить, то лампы будут гаснуть при затемнении фоторезистора, так как генератор прекратит работу.

4.2. Устройства отображения на основе сегментных ГРИ

Построение устройства отображения с поразрядной индикацией, выполненного на многоразрядном семисегментном ГРИ, пояснено схемой, изображенной на рис. 4.9.

Введенная в сдвиговый регистр информация в виде 7-разрядного числа непрерывно сдвигается и последовательно вводится в дешифратор, который включает катодные ключи. Синхронно со сдвигом в регистре анодный селектор выдает сигнал на подачу напряжения поочередно на аноды А1—Аn. Например, когда на дешифратор приходит информация о цифре первого разряда, соответствующие катодные ключи по сигналу с дешифратора размыкают свои контакты. При этом напряжение источника — $U_к$ поступает на выбранные группы катодных сегментов. В это же время анодный селектор дает команду на замыкание контактов анодного ключа в цепи анода первого разряда, в результате чего он оказывается подключенным к источнику напряжения $+U_A$. Таким образом, между первым анодом и выбранной группой катодных сегментов устанавливается разность потенциалов $U_A+U_к$, достаточная для возникновения раз-

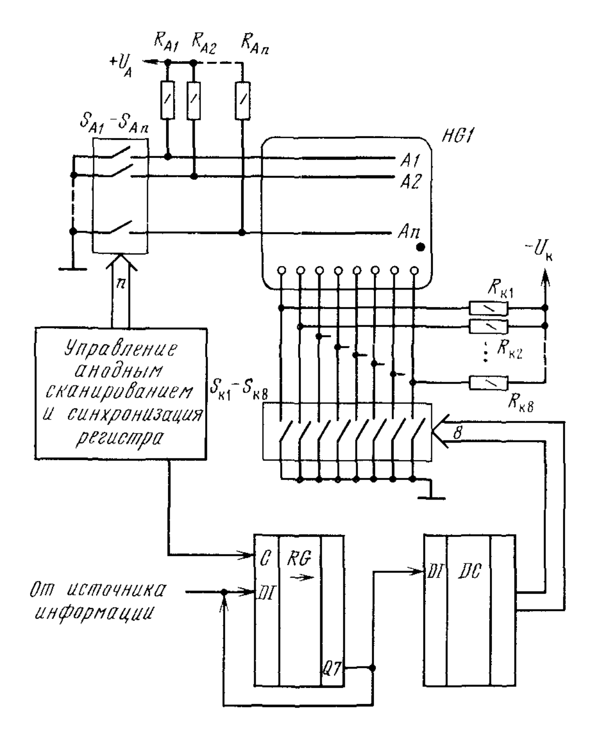


Рис. 4.9. Структурная схема управления многоразрядным ГРИ

ряда, в результате чего заданная цифра высвечивается в первом разряде. В следующий момент времени к дешифратору подводится информация о второй цифре, напряжение подается на второй анод, а с первого напряжение снимается. Индикация осуществляется во втором разряде и т. д. Таким образом, анодное сканирование, происходящее синхронно с обращением информации по регистру, приводит к поочередной индикации заданных цифр в знакоместах разрядов.

С помощью данного устройства можно управлять газоразрядными индикаторными приборами ГИП-11 и ГИП-17. Анодные и катодные ключи для их управления представлены на рис. 4.10. В качестве ключей можно использовать МОП микросхемы серий К120, К172, К178 и т. п. с напряжением питания 27 В. На рисунке каналы МОП транзисторов показаны в виде ключей.

На сегменты через цепь R3, VD1 подается напряжение смещения —120 В, недостаточное для возникновения разряда. При отсутствии команд на входы катодных ключей с дешифратора подается напряжение высокого уровня и конденсаторы C1 заряжаются до напряжения —120 В через цепь R3, VD1, C1 и каналы открытых МОП-транзисторов ключевых элементов S2. В исходном положении, т. е. когда информация не поступает на вход регистра, на все аноды через резисторы R1 подается напряжение —60 В. Таким образом, при отсутствии информации между анодами и катодами действует напряжение —60 В,

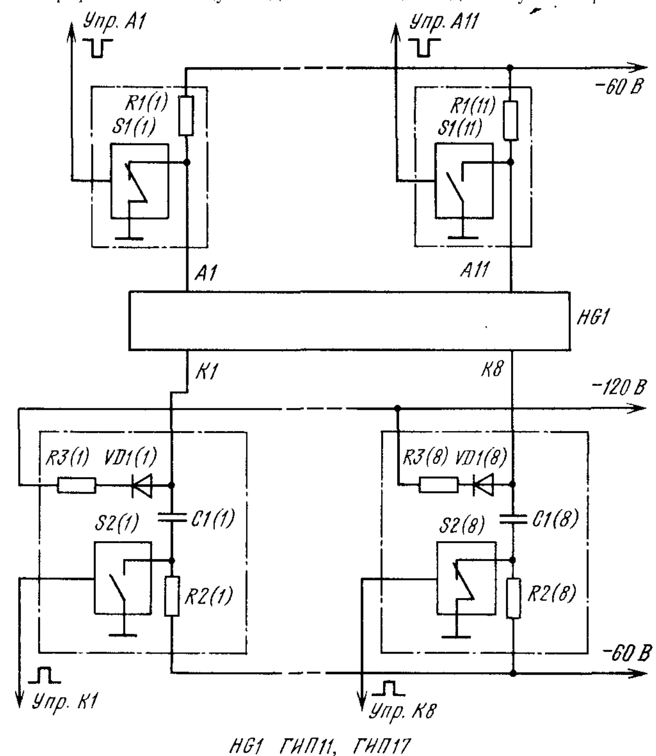


Рис. 4.10. Вариант реализации схемы управления многоразрядным ГРИ

недостаточное для возникновения разряда. При наличии информации, когда например, на вход «Упр. А 1» подано напряжение высокого уровня (лог. «1»), а на входы остальных анодных ключей — напряжение низкого уровня (лог. «0») ключевой элемент S1 (1) подключает анод А1 к общему проводу.

При подаче на входы управления катодными ключами «Упр. К1» — «Упр. К8» комбинации импульсов соответствующие ключевые элементы S2 (например, S2(1)) переходят в режим отсечки, выбранные катоды оказываются подключенными к цепи —60 В, R2, C1. Поскольку конденсатор C1 был ранее заряжен до напряжения —120 В, а анод А1(1) находится под нулевым потенциалом, то на разрядном промежутке анод — катод устанавливается разность потенциалов 180 В, достаточная для возникновения разряда между первым анодом и выбранной группой катодных сегментов. Так высвечивается цифра в знакоместе первого разряда.

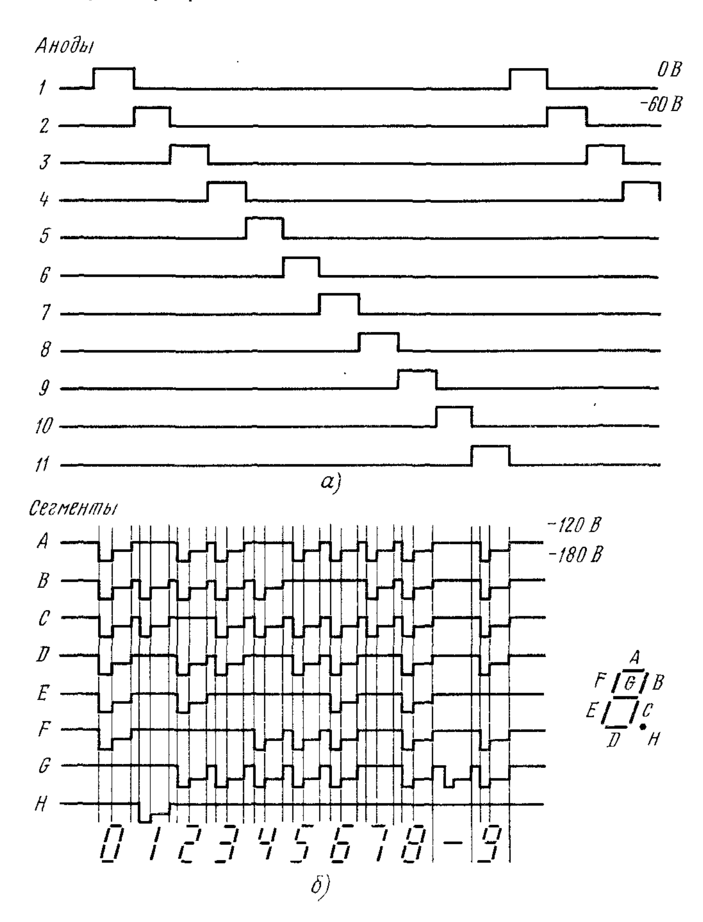


Рис. 4.11. Временные диаграммы напряжений на анодах (*а*) и катодных сегментах (*б*)

При подаче напряжения высокого уровня на вход «Упр. А2» и соответствующей комбинации управляющих импульсов на входы «Упр. К1» — «Упр. К8» нужная цифра будет высвечиваться во втором знакоместе, и т. д. В процессе индицирования цифры конденсатор С1 разряжается. Зарядка С1 происходит за время гашения сегмента, когда одна из обкладок конденсатора через открытый канал МОП-транзистора S2 подключена к общему проводу. С этой целью катодные импульсы подают на 30...50 мкс позже анодных.

На рис. 4.11 приведены эпюры напряжений на каждом из одиннадцати анодов и на каждой из восьми групп катодных сегментов ГИП-17 применительно к схеме рис. 4.10. Аноды обозначены цифрами, а группы катодных сегментов — буквами. Нетрудно видеть, что в соответствии с этими обозначениями и потенциальным рельефом, приведенным на диаграмме, в каждом разряде высвечиваются цифры и знаки, изображенные в нижней части

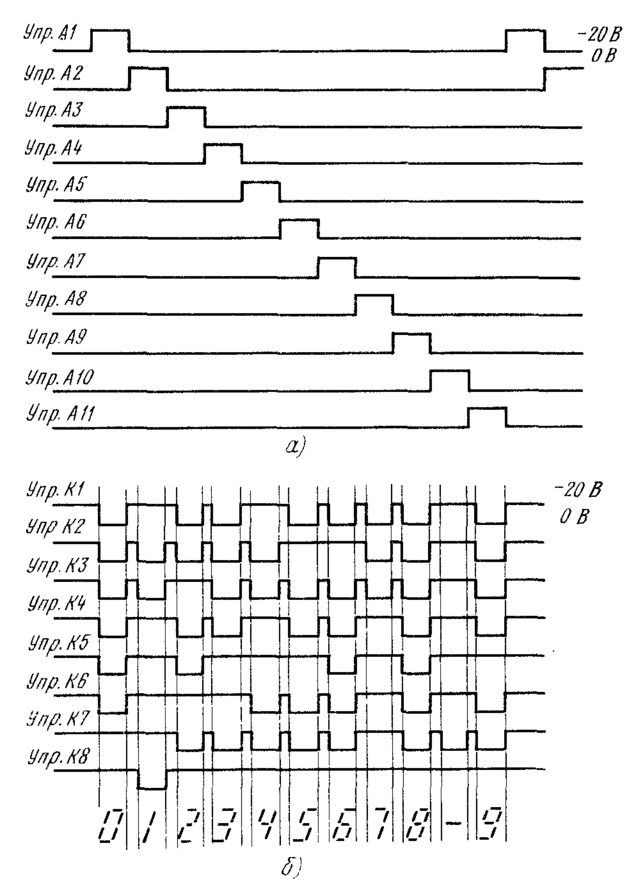


Рис. 4.12. Временные диаграммы напряжений на входах анодных (*а*) и катодных (*б*) ключей

рисунка. На рис. 4.12 приведены эпюры напряжений, управляющих анодными и катодными ключами для высвечивания тех же цифр и знаков.

Подобное устройство может применяться для управления сегментным ГРИ с практически любым числом разрядов и сегментов. При этом варьируют только числом анодных и катодных ключей, а также сопротивлением резисторов. В качестве ключевых элементов S1 и S2 применяют коммутаторы К161КН1. Катодные ключи S2 могут управляться от микросхемы К161ПР2.

Как уже отмечалось, при управлении матричными ГРИ из-за высоких напряжений питания возникает проблема смещения уровней напряжений цифровых узлов управления и уровней на катодах или анодах. Если на выходе цифрового узла получаются напряжения, амплитуда которых достаточна для возбуждения индикатора, то для сдвига уровней могут быть использованы диоды и конденсаторы, причем емкость должна быть достаточно велика, чтобы на них не возникало заметного падения напряжения во время протекания разрядного тока индикатора. В связи с этим при интегральном исполнении ключей чаще применяются гальванические схемы сдвига уровня. Схема одного из таких узлов приведена на рис. 4.13. В анодном ключе использованы транзисторы VT1, VT2 разной структуры. Катодные ключи в данном случае работают в режиме источников тока. Базы транзисторов VT3 подсоединены к источнику постоянного напряжения. Управление ведется по эмиттерным цепям, подключенным к выходам микросхем. Использование режима источника тока снижает

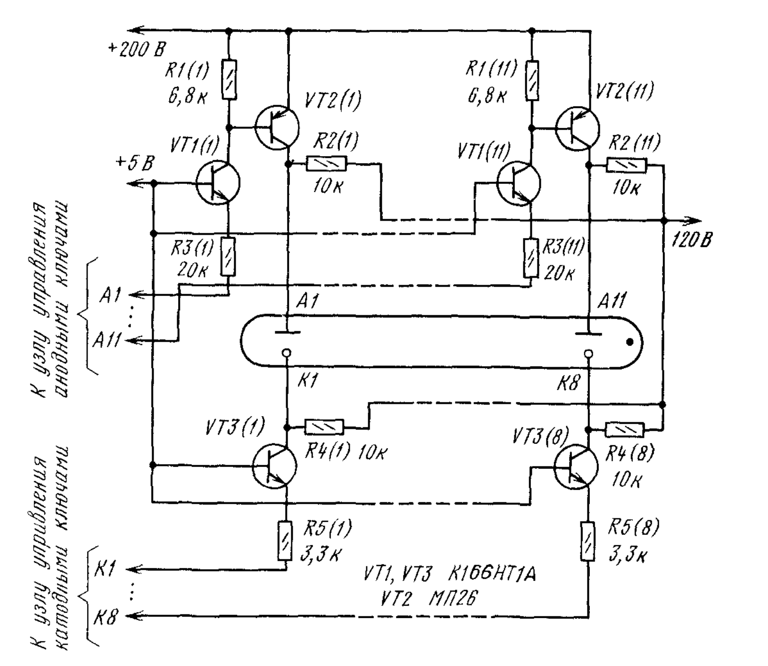


Рис. 4.13. Схема управления ГИП-11 с ключами на транзисторах с дополняющими типами проводимости

влияние разброса напряжений поддержания разряда на значение тока различных сегментов.

Разность потенциалов между электродами равна 80 В, если данный сегмент не индицируется ни в одном из знакомест, или 120 В, если данный сегмент индицируется в другом знакоместе. При индикации к сегменту первоначально прикладывают напряжение 200 В, затем в результате протекания разрядного тока оно уменьшается до 150 В. Для подавления паразитного свечения необходимо, чтобы в отсутствие индикации разность потенциалов между электродами была меньше напряжения возникновения разряда. Для того чтобы напряжение возникновения разряда не было понижено из-за наличия остаточной ионизации, вводится пауза между импульсами выборки, подаваемыми на соседние знакоместа. Длительность этой паузы должна быть не менее 30...40 мкс.

Рассмотренный узел характеризуется определенной критичностью в отношении требований к параметрам индикатора (напряжение возникновения разряда более 120 В) и транзистора (должен быть структуры р-п-р с допустимым коллекторным напряжением более 80 В). На рис. 4.14 показана схема другого узла сдвига уровней, в котором использованы транзисторы только структуры п-р-п, коллекторные напряжения которых не столь ограничены.

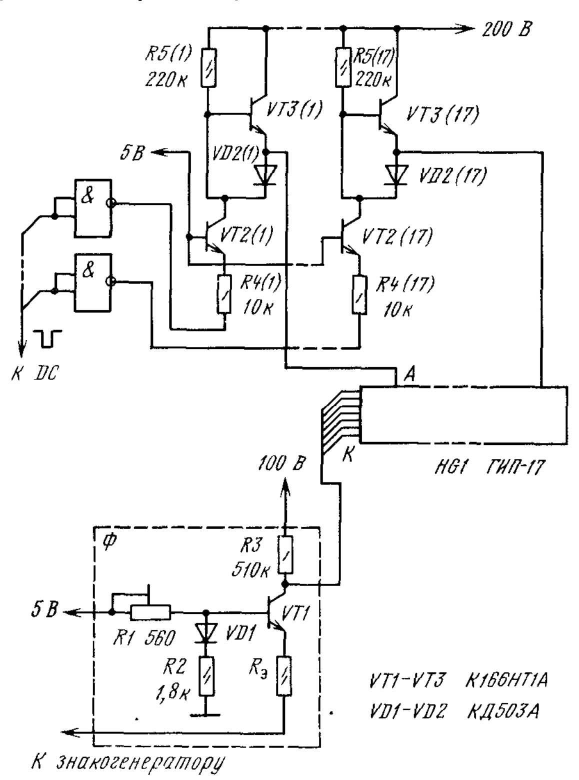


Рис. 4.14. Схема сдвига уровней напряжения

Элементы отображения возбуждаются, когда при открытых транзисторах VT1 и VT3 между анодом и катодом индикатора приложеио напряжение 200 В. Транзистор VT1 открывается сигналом с выхода знакогенератора и работает в режиме источника тока. При фазоимпульсной индикации использовать такой источник тока нельзя, так как катодный ключ пропускает одновременно ток нескольких знакомест — этим и определяется выбор системы поразрядной индикации в данном случае.

Изменяя резистором R1 напряжение на базе VT1, можно регулировать катодный ток и интенсивность свечения индикатора. Если принять, что напряжение на базе равно 4 В, то с учетом падения напряжения на эмиттерном переходе транзистора VT1 сопротивление резистора

$$R_э = (4 - 0{,}5)/0{,}5 = 7 \text{ кОм}.$$

Транзистор VT3 открывается, когда транзистор VT2 под действием напряжения низкого уровня, поступающего на его эмиттер, закрывается.

Невозбужденные состояния сегмента возможны из-за отсутствия сигналов выборки знакомест или сегмента. В первом случае транзистор VT2 открыт и потенциал на аноде индикатора не превышает единиц вольт. Если сегмент возбужден, то напряжение между катодом и анодом индикатора незначительно, если же он не возбужден, оно равно 100 В. Когда выбрано знакоместо (транзистор VT3 открыт), а сегмент не выбран (VT2 закрыт), то напряжение между анодом и катодом 200—100 = 100 В.

4.3. Устройства отображения на основе матричных ГРИ

Наиболее совершенным ГРИ следует считать матричный индикатор с самосканированием ГИПС-16, отображающий до 192 знаков. Устройство управления им (рис. 4.15) включает в себя следующие блоки:

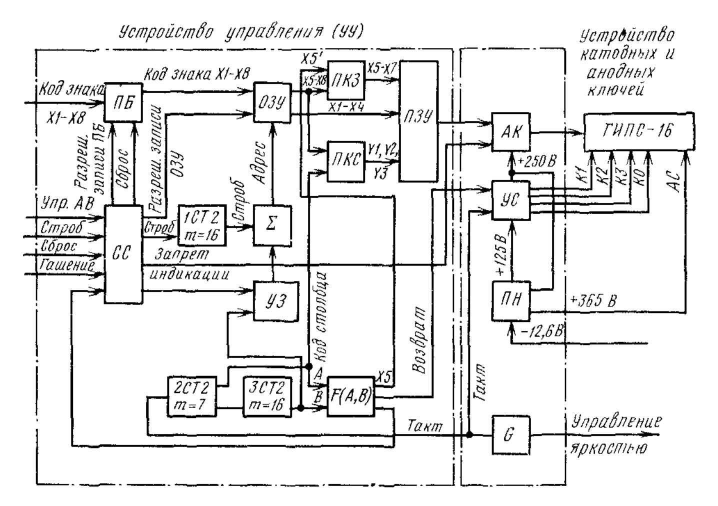


Рис. 4.15. Структурная схема управления матричным ГРИ

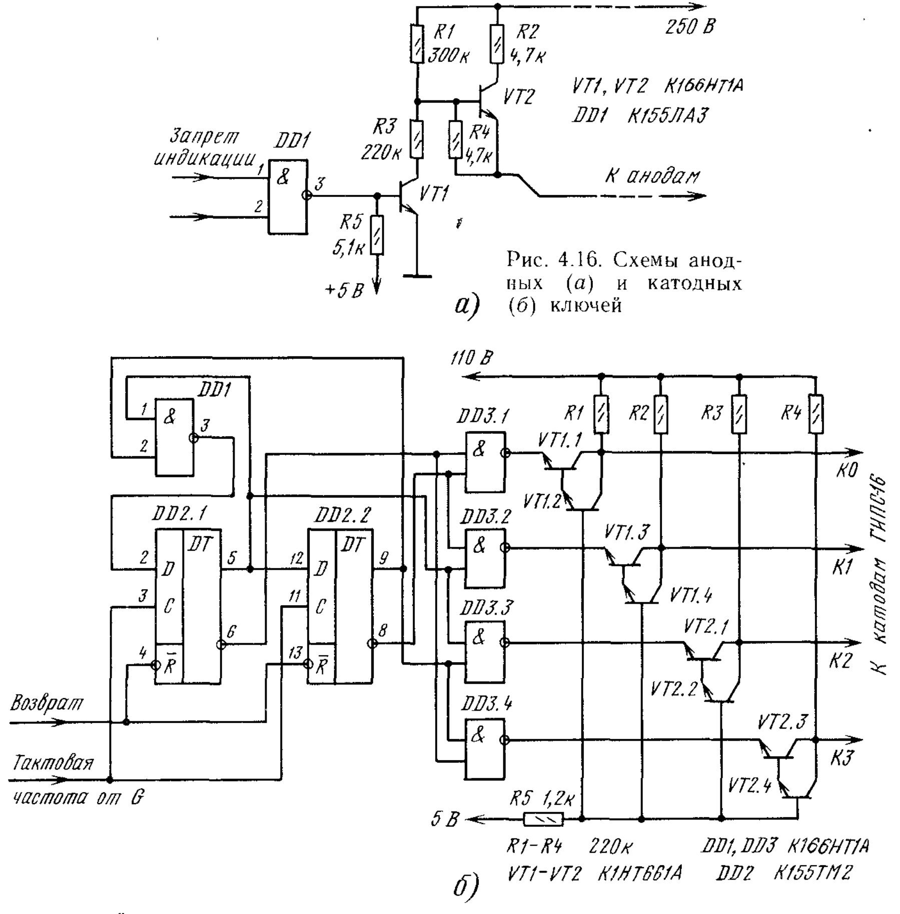


Рис. 4.16. Схемы анодных (*а*) и катодных (*б*) ключей

устройство записи и хранения информации, состоящее из буферной памяти (ПБ), предназначенной для промежуточного хранения кода знака, и оперативного запоминающего устройства (ОЗУ), в котором хранится вся записанная информация;

устройство управления анодами индикации, состоящее из преобразователей кодов столбца (ПКС) и знака (ПКЗ), постоянного запоминающего устройства (ПЗУ), используемого для формирования из кода знака и кода столбца сигналов управления анодами индикатора, анодных ключей (АК), коммутирующих цепи анодов ГИПС-16 (рис. 4.16);

устройство управления сканированием ГИПС-16, состоящее из тактового генератора (G), счетчиков с коэффициентами пересчета 7 (2СТ2) и 16 (3СТ2), логического узла F (A, B), вырабатывающего сигналы, соответствующие определенным состояниям счетчиков 2СТ2, 3СТ2 и тактового генератора, устройства, формирующего высоковольтные сигналы управления катодами и анодами ГИПС-16;

устройство управления режимами работы, включающее в себя счетчик стробирующих импульсов, 4-разрядный сумматор (∑), узлы запрета (УЗ) и синхронизации;

преобразователь напряжения —12,6 В, +125 и +250 В.

4.4. Устройства отображения на основе шкальных ГРИ

Шкальные ГРИ широко используются для измерения не только напряжения, тока и сопротивления, но и неэлектрических величин с достаточной для большинства любительских задач точностью.

Шкальные ГРИ делятся на две группы: приборы с аналоговым входом (линейные аналоговые индикаторы) и счетно-индикаторные приборы, имеющие цифровой вход. В приборах первого типа длина свечения катода пропорциональна току, на чем и основано их использование. Для точного считывания показаний по длине светящегося столба необходимо, чтобы один из концов этого столба был всегда фиксирован по отношению к определенной точке катода.

В индикаторе ИН-9 (схема его включения изображена на рис. 4.17) начало разряда не фиксируется. Поэтому целесообразно последовательно с резистором R1 включить подстроечный R1′ и проградуировать шкалу. При нулевом сопротивлении резистора R1′ на вход узла подать минимальное измеряемое напряжение, а начало шкалы отсчета совместить с границей свечения. Затем при максимальном измеряемом напряжении регулировкой резистора R1′ совместить границы свечения с концом отсчетной шкалы. Появляющееся после этого смещение нуля отсчетной шкалы при минимальном напряжении нужно компенсировать новым сдвигом шкалы и т. д.

В отличие от ИН-9 в ИН-13 фиксация достигнута применением специального поджигающего электрода. Схема включения ИН13 приведена на рис. 4.18, *а*. Входное сопротивление узла 40...60 кОм. Длина светящегося столба зависит от колебаний питающего напряжения.

В узле, схема которого изображена на рис. 4.18, *б*, предусмотрена компенсация погрешности от изменения питающего напряжения. Благодаря дифференциальной схеме включения транзисторов VT1 и VT2, а также включению в их эмиттерную цепь источника тока на транзисторе VT3 достигается высокая стабильность.

Рассмотренные узлы работают обычно с входным сигналом постоянного тока, но если применить в них преобразователи, то можно осуществить управление индикатором с помощью импульсов, пропорциональных измеряемому параметру (рис. 4.18, *в*). Сигнал, частота которого пропорциональна измеряемому параметру, поступает через ограничивающий резистор R1 на вход конденсаторного частотомера на транзисторе VT1. Транзистор VT1 работает в ключевом режиме и посредством управляющих входных сигналов переключает конденсатор C1 с зарядки на разрядку. Когда на базу поступает положительная

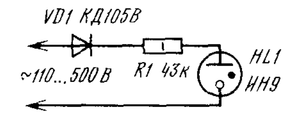


Рис. 4.17. Схема включения ИН-9

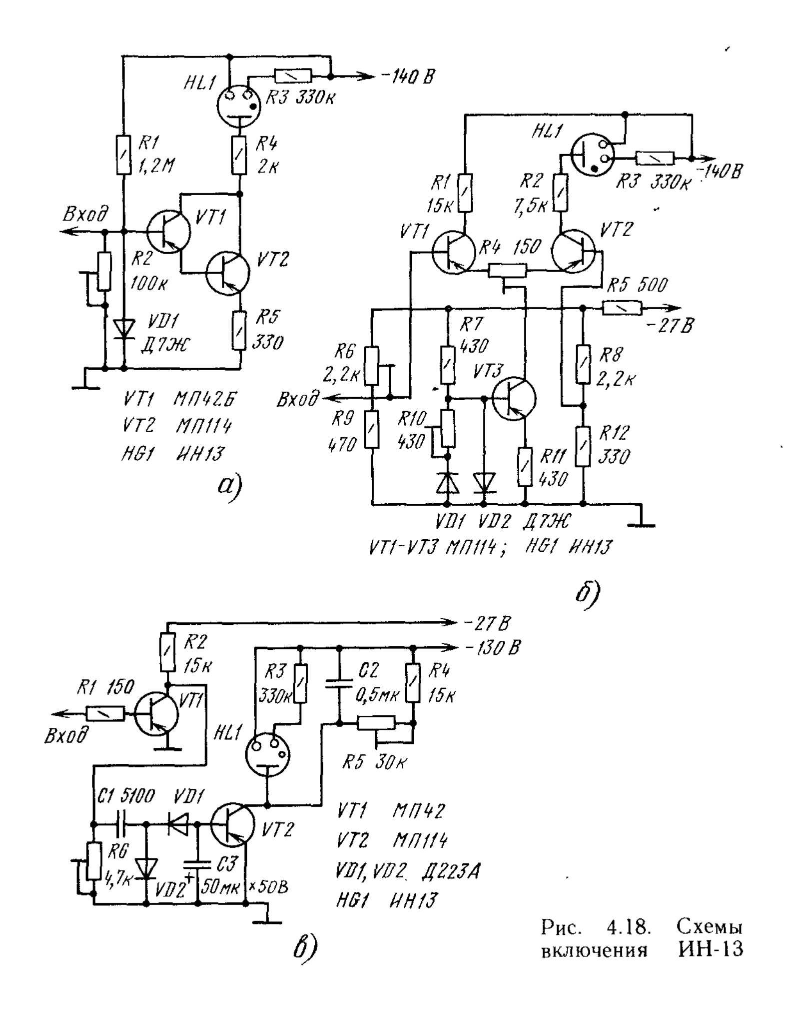


Рис. 4.18. Схемы включения ИН-13

полуволна входного сигнала, транзистор VT1 закрывается и конденсатор C1, предварительно разряженный до коллекторного напряжения открытого транзистора, заряжается через эмиттерный переход транзистора VT2, диод VD1 и резистор R2. Во время действия отрицательной полуволны входного сигнала транзистор VT1 открывается и конденсатор C1 разряжается через диод VD2.

На предельной частоте преобразования (8 кГц) постоянная времени разрядки конденсатора значительно меньше полупериода входного сигнала, и конденсатор успевает полностью разрядиться. Среднее значение зарядного тока в базе транзистора VT2 за период действия входного сигнала пропорционально его частоте. Зарядный ток служит для управления током индикатора. Резисторами R3 и R4 устанавливают интервал изменения рабочего тока индикатора, резистором R3 — верхнюю границу, R4 — нижнюю, а также начальный ток индикатора. Конденсатор C2 форсирует процесс возникновения разряда в инди-

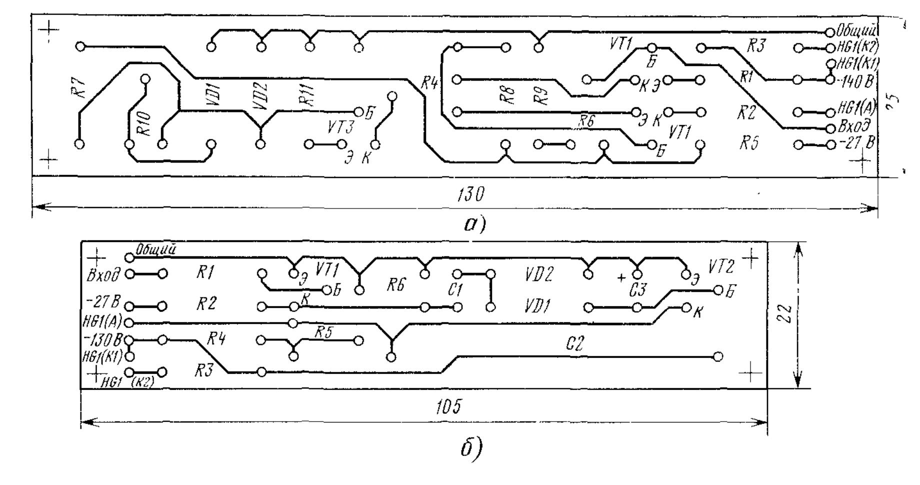


Рис. 4.19. Печатные платы схем включения ИН-13:
а — для рис. 4.18, *б*; *б* — для рис. 4.18, *в*

каторе, предотвращая разрывы светящегося столба. На рис. 4.19 приведены чертежи печатных плат для узлов, выполненных по схемам на рис. 4.18, *б*, *в*.

Схема измерителя уровня сигнала на основе микросхемы К157ДА1 — преобразователя переменного напряжения в постоянное — и индикатора ИН-13 изображена на рис. 4.20. Для нормальной работы ИН-13 необходимо, чтобы начальная длина светящегося столбца была приблизительно равна 10 мм. Однако коэффициент, связывающий его длину и ток через индикатор, имеет сильный (до 30%) разброс, поэтому устройство должно обеспечить независимую регулировку начального уровня и коэффициента преобразования переменного напряжения в постоянное. Измеритель состоит из двухполупериодного детектора (DA1) и стабилизатора тока на транзисторе VT1. Этот ток пропорционален сумме напряжения смещения, поступающего с движка подстроечного резистора R2, и выпрямленного напряжения звуковой частоты.

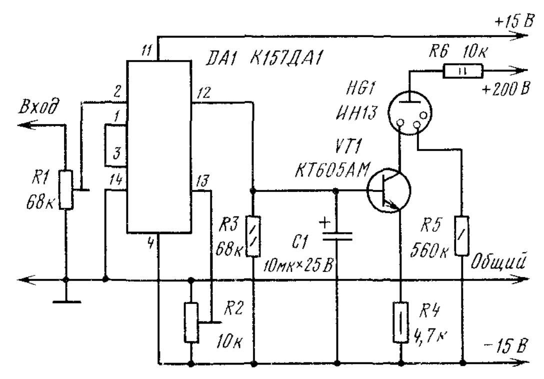


Рис. 4.20. Схема измерителя уровня на ИН-13

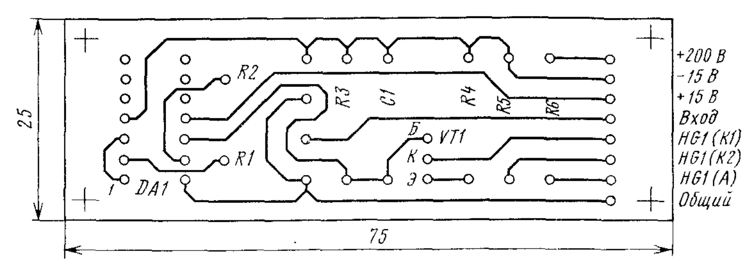


Рис. 4.21. Печатная плата измерителя уровня (рис. 4.20)

При налаживании устройства вначале резистором R2 устанавливают необходимую длину светящегося столба в отсутствие входного сигнала (начало шкалы), а затем резистором R1 — его длину, соответствующую 0 дБ (0,775 В) при номинальном уровне напряжения на входе. Чувствительность измерителя можно регулировать подбором резистора R3.

Такой измеритель (его печатная плата приведена на рис. 4.21) регистрирует квазипиковые значения входного сигнала. Время интегрирования измерителя определяется емкостью конденсатора C1 и при указанных на схеме номиналах составляет около 10 мс. Время обратного хода зависит от сопротивления цепи разрядки конденсатора C1 и в данном случае равно приблизительно 300 мс. Микросхема К157ДА1 позволяет регистрировать максимальный квазипиковый

Рис. 4.22. Схема включения ИН-26

уровень двух и более (если используется несколько микросхем) каналов на одном индикаторе. Для этого ее низкоомные выходы 10 и 12 соединяют вместе и используют один запоминающий конденсатор и регистрирующий прибор.

Характерным представителем шкальных дискретных ГРИ является индикатор ИН-26. Его аноды соединены в группы через три — А1, А5, А9, и т. д., А2, А6, А10 и т. д. На рис. 4.22 изображена схема устройства на основе этого индикатора. Работает оно следующим образом. При подаче питающего напряжения разряд зажигается между катодом и одним из анодов (например, А1), принадлежащих к той группе, потенциал которой в данный момент выше. Напряжение между катодом и анодом становится равным напряжению горения разряда.

С приходом счетного импульса кольцевой узел управления (DD1) переходит в следующее устойчивое состояние и потенциал анодов, относящихся к третьей группе, оказывается выше, чем потенциал анодов второй группы. В результате разряд с анода А1 переходит на анод группы 3, ближайший к А1, т. е. А2. Разряд на этом аноде горит до тех пор, пока следующий счетный импульс не переведет узел в следующее устойчивое состояние, и т. д.

В зависимости от числа поступивших импульсов m разряд «пройдет» соответствующее число анодов (от А1 до Am) и его положение зафиксируется. Произойдет запоминание числа импульсов, при этом наблюдается четко очерченная светящаяся точка, занимающая вполне определенное место относительно начала отсчета. Разряд в промежутке К — Am существует до поступления либо следующего счетного импульса, либо импульса сброса.

Информация в приборе может представляться и в виде светящейся линии, которая получается за счет пачечного режима управления, согласно которому на устройство поступают пачки импульсов, обеспечивающие непрерывную регенерацию изображения линии. Число импульсов в пачке определяет длину светящейся линии. Частота повторения должна превышать 30...40 Гц.

Зажигание разряда на аноде А0 осуществляется следующим образом. Импульс сброса через разделительный конденсатор поступает на анод А0. При этом узел управления должен перейти в состояние с высоким потенциалом на аноде первой группы. Через диод VD2 этот потенциал передается на А0 и компенсирует отрицательное напряжение смещения. После окончания импульса разряд остается между анодом А0 и катодом до тех пор, пока высокое напряжение вновь не будет приложено к аноду А1.

В шкальном индикаторе ИН31, в отличие от ИН26, разделены системы отсчета и индикации (рис. 4.23, *а*). В узел управления счетным блоком должны подаваться два вида сигналов — тактовые и счетные импульсы. При поступлении тактового импульса с генератора G1 в узел сброса В в нем формируется импульс длительностью не менее 40 мкс, который поступает на RS-триггер DD3.1. На его прямом выходе появляется напряжение высокого уровня, которое подается на ключ S3. Это снижает потенциал на нулевом катоде прибора, благодаря чему при подаче соответствующего питающего напряжения U на анод счета в промежутке АС — К0 возникает разряд. Во время горения разряда на К0 ключи S2, S4—S8 закрыты и на всех группах катодов устанавливается высокое напряжение, предотвращающее переход горения разряда на любой другой катод.

Этого свечения оператор не видит. Если необходимо показать оператору

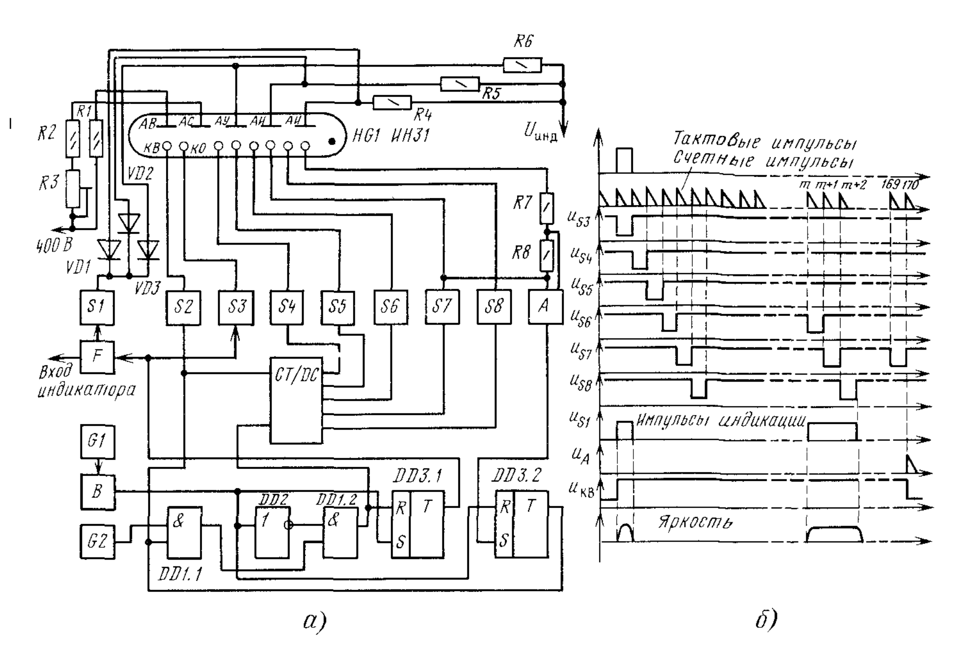


Рис. 4.23. Схема включения ИН-31 (*а*) и временные диаграммы управляющих напряжений (*б*)

факт нахождения прибора в исходном состоянии, сигнал с выхода триггера DD3.1 должен поступать на формирователь командных импульсов, откуда преобразованный сигнал попадет на ключ S1, коммутирующий одновременно аноды индикации и управления. При этом S1 закрывается и напряжение $U_{инд}$ прикладывается на три анода. В первую очередь зажигается нулевой управляющий промежуток, поскольку он подготовлен разрядом в нулевом счетном промежутке. Загоревшийся разряд в управляющем промежутке вызывает зажигание разряда в паре нулевых индикаторных ячеек, свечение которых оператор воспринимает как появление сигнала на нулевой отметке.

По окончании импульса сброса триггер DD3.1 сохраняет прежнее состояние до тех пор, пока первый счетный импульс с генератора счета G2 (рис. 4.23, *б*), поступающий на триггер DD3.1 через элементы DD1.2, не переключит его. Сигналы с S1 и S3 снимаются, и горение индикаторного разряда вместе со счетным разрядом на катоде K0 прекращается. Одновременно с этим первый счетный импульс поступает на вход счетчика CT/DC, и он из состояния 00000 переходит в состояние 10000. На S4 появляется сигнал, открывающий его, и низкий потенциал подается на первую группу катодов, в результате чего разряд зажигается в промежутке АС — K1.

Когда поступают следующие счетные импульсы, разряд направлено перемещается от нулевого к последнему катоду. Этого перемещения оператор не видит.

Предположим, что во время действия такого счетного импульса на «Вход индикатора» поступит команда на индикацию. С формирователя командных

импульсов F снимается импульс индикации $t_{инд}$, который поступает на S1. В результате на управляющем и индикаторном анодах повышается потенциал и в индикаторных ячейках зажигается разряд. Пара m-ных ячеек будет гореть до прихода (m+1)-го счетного импульса, после чего разряд в счетном блоке перейдет на катод K(m+1), а в индикаторном блоке m-ные индикаторные ячейки погаснут и зажжется пара m+1 ячеек.

Число последовательно засвечиваемых пар индикаторных ячеек определяется длительностью импульса индикации $t_{инд}$, частотой поступления счетных импульсов f и оценивается произведением $ft_{инд}$. После окончания импульса индикации свечение индикаторных ячеек прекращается, а в счетном блоке продолжается перемещение счетного разряда. Таким образом, местоположение светящихся точек в индикаторном блоке относительно шкалы отсчета несет информацию об измеряемой величине.

В момент поступления 169-го счетного импульса разряд достигает последнего катода — K169. Напряжение, снимаемое с резистора R8, образующееся при протекании тока через катод K169, усиливается и дифференцируется узлом А. При поступлении 170-го импульса разряд на катоде K169 заканчивается и спадом сигнала с катода K169 триггер DD3.2 переключится в единичное состояние.

Сигнал с триггера DD3.2 переводит счетчик CT/DC в состояние 00000, открывает S2, запрещает прохождение импульсов через DD1.1. При открывании ключа S2 снижается потенциал на вспомогательном катоде KB и в счетном блоке зажигается разряд между электродами KB и AC, шунтирующий все счетные промежутки. Разряд на вспомогательном электроде горит до прихода следующего тактового импульса. С его приходом триггер DD3.2 переходит в нулевое состояние, разрешается прохождение импульсов через DD1.1, разряд в промежутке AC — KB гаснет и зажигается на K0, т. е. рабочий цикл повторяется.

Недостатком этого индикаторного блока являются значительные рабочие напряжения на аноде счета (400 В), управляющих импульсов счета (100 В), импульсов индикации (250 В).

Глава 5

ВАКУУМНЫЕ НАКАЛИВАЕМЫЕ ИНДИКАТОРЫ

Принцип действия вакуумных накаливаемых индикаторов (ВНИ) основан на использовании явления теплового излучения твердых тел (нити накала, обычно из вольфрама), нагреваемых током до температуры $(2...3)\cdot 10^3$K. Принципиальным недостатком температурного излучения с точки зрения его использования для индикации являются низкие быстродействие и экономичность. В то же время ВНИ имеют такие достоинства, как высокая яркость, многообразие видов воспроизводимой информации, возможность плавного перемещения сформированного изображения.

Отечественная промышленность выпускает лампы накаливания и сегментные ВНИ. Сегментные ВНИ имеют от четырех до десяти сегментов. Применяя раз-

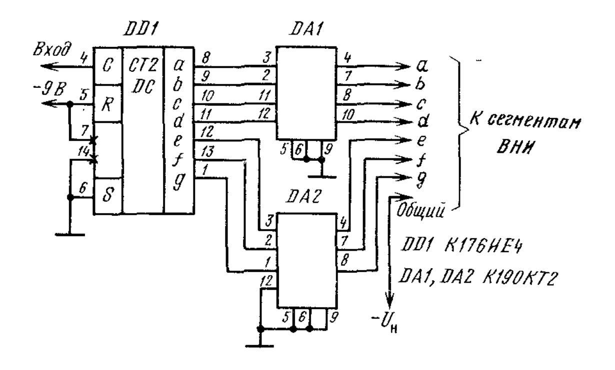
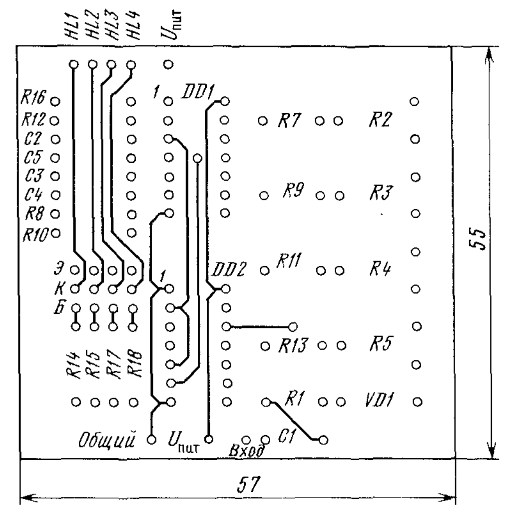


Рис. 5.1. Схема подключения ВНИ к микросхеме серии К176

личные варианты их подключения, можно отобразить цифры от 0 до 9, большинству букв русского и некоторые буквы латинского алфавитов, знаки и т. п. Для улучшения условий считывания рекомендуется применять нейтральные или цветные светофильтры. Накаливаемые индикаторы, как правило, одноразрядные.

Сегментные индикаторы могут подключаться к микросхемам серии К176 (см. рис. 2.2, *а*). При таком включении напряжение питания следует увеличить

Рис. 5.2. Схема индикатора мощности на ВНИ



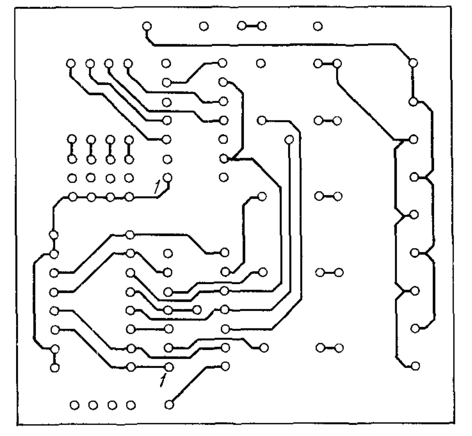


Рис. 5.3. Печатная плата индикатора уровня на ВНИ (рис. 5.2)

примерно на 1 В против номинального для компенсации падения напряжения на транзисторах. Это напряжение может быть как постоянным, так и пульсирующим.

Для согласования ВНИ со счетчиками-дешифраторами серии К176 применимы аналоговые коммутаторы серии К190 (рис. 5.1). Такой способ питания счетчиков-дешифраторов позволяет независимо выбирать напряжения питания микросхем и индикатора. Напряжение питания индикатора можно выбирать исходя из необходимой яркости свечения и предельно допустимого напряжения между истоком и стоком транзисторов коммутаторов. Приведенная схема применима для ВНИ типов ИВ9, ИВ13, ИВ16.

На лампах накаливания могут быть выполнены очень удобные пиковые индикаторы мощности. Индикатор мощности (рис. 5.2), подключаемый к выходу усилителя ЗЧ, имеет ту особенность, что независимо от длительности перегрузки его время индикации всегда достаточно для восприятия глазом.

Сигнал с выхода усилителя ЗЧ через конденсатор C1 и резистор R1 поступает на выпрямитель индикатора на диоде VD1. Нагрузкой выпрямителя являются подстроечные резисторы R2 — R5. Рассмотрим работу одной ячейки индикатора R2, R7, DD1.1, DD2.1, R14, VT1, HL1. С подстроечного резистора R2 (им устанавливается порог срабатывания ячейки) часть входного сигнала поступает на один из входов логического элемента DD1.1. На второй вход через конденсатор C2 поступает напряжение обратной связи с выхода элемента, поэтому в исходное состояние элемент переключается не сразу, а спустя примерно 0,5 с. Индикация организована так, что в каждый момент времени будет гореть только одна лампа, которая соответствует текущему мгновенному уровню входного сигнала. Это достигнуто соответствующим включением микросхемы DD2.

Для идентификации мощности можно использовать различные цветофиль-

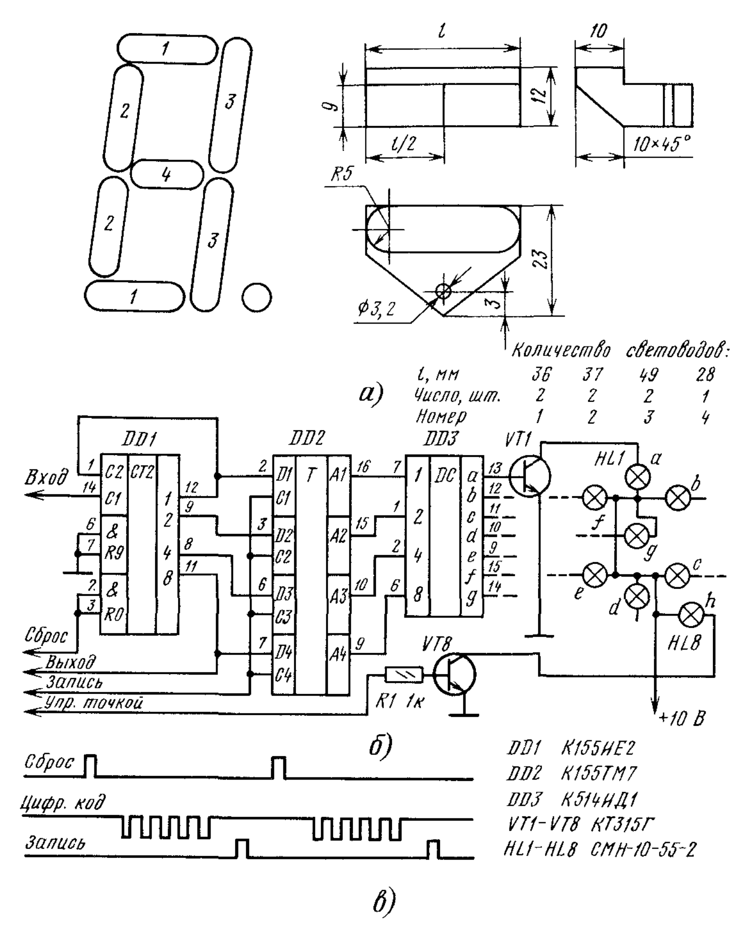


Рис. 5.4. Конструкция модуля (*а*), схема управления (б) и временные диаграммы управляющих сигналов (*в*) для индикатора коллективного пользования

тры. Достоинством индикатора является малое потребление энергии в отсутствие входного сигнала, а также высокое быстродействие: устройство надежно работает даже при поступлении импульсов напряжения длительностью 5 мкс. Печатная плата для индикатора приведена на рис. 5.3.

Для настройки индикатора нужно подать на вход напряжение с генератора ЗЧ и, контролируя его значение, подстроечными резисторами R2—R5 установить пороги срабатывания триггеров при различных мощностях, подводимых к акустическим системам.

Не много известно практических любительских конструкций индикаторов коллективного пользования, но, как правило, они реализуются именно на лампах накаливания. Одно из таких табло состоит из модулей отдельных знакомест (рис. 5.4, *а*). Каждый модуль представляет собой полностью самостоятельную конструкцию и состоит из металлической пластины-основания с пазами, свето-

ПРИЛОЖЕНИЯ

1. Основные параметры индикаторов

Параметр	Тип				
	Светодиод	ППИ сегментные		ВЛИ сегментные	
		Однораз-рядные	Многораз-рядные	Однораз-рядные	Многораз-рядные
Цвет свечения	К, Ж, З, О	К, Ж, З	К	З	З
Спектральное распределение излучения, нм	555...710	555...740	650...690	—	—
Яркость, кд/м^2	—	—	—	70...800	100...900
Сила света, мккд	15...6000	100...2000	50...1000	—	—
Размер знака, мм	2...6	1,7×2 12×18	1,6×2,6 3×4	6×9 14×21	2,4×4,8 11×21
Число сегментов	—	7...10	7...8	7...18	7
Число разрядов	—	1	3...12	1	4...17
Рабочее напряжение, В	2...4	1,6...6	1,6...2	0,7...2,8 30...80	2...5,5 24...70
Рабочий ток, мА	10...20	3...25	3...10	25...100 30...45 1,6...2	12...220 1...10 1...40
Контраст, %	—	—	—	60	60
Угол обзора, град	—	—	—	80	80
Минимальная наработка, тыс. ч	10...20	10	10	2...10	5...15

Примечания: 1. Обозначения цветов: К — красный, З — зеленый, Ж — желтый, О — оран
2. Для ВЛИ соответственно указаны напряжения и токи накала, сетки (импульсное) и анода (им
3. Для шкальных индикаторов в строке «Число сегментов» указано число рисок шкалы.
4 Для светодиодов в строке «размер знака» указан диаметр светящейся точки.
5. Дополнительные данные для ЖКИ: частота рабочего напряжения 30...1000 Гц, максимально до
и 150...800 мс соответственно.

водов-рассеивателей, вставленных в эти пазы, фильтра из зеленого органического стекла, закрывающего весь модуль с лицевой стороны и печатной платы, укрепляемой на стойках на задней стороне основания. Лампы накаливания размещаются в отверстиях световодов.

Действие световода-рассеивателя из органического стекла основано на внутреннем отражении от угловой грани и рассеянии на матированной мелкозернистой наждачной бумаге выходной грани. Для исключения подсветки соседние сегменты покрывают белой, а затем черной краской. Высота знака 100 мм, ширина 48 мм.

Работой модуля управляет блок (рис. 5.4, *б*), состоящий из счетчика DD1 с коэффициентом счета 10, элемента промежуточной памяти на триггере DD2, дешифратора DD3 и транзисторных ключей VT1—VT8. Элемент промежуточной памяти необходим для исключения мерцания цифр во время поступления информации на вход устройства.

Все управляющие сигналы должны быть сформированы внешним преобразователем электрической или неэлектрической информации в цифровой код. Типичный вид осциллограмм управляющих сигналов приведен на рис. 5.4, *в*. Децимальную точку включают подачей напряжения высокого уровня (лог. «1») на соответствующий вход. При этом открывается транзистор VT1, который включает лампу HL8, высвечивающую точку.

индикатора

ГРИ сегментные		ВНИ сегментные	ЖКИ сегментные	ППИ шкальные	ВЛИ шкальные	ГРИ шкальные
Одноразрядные	Многоразрядные					
О—К	О—К	Ж	Серый	К, З	К, З	О—К
—	—	—	—	520...710	—	—
60...120	80...170	(1,7...10) 10^3	—	—	300...500	100...200
—	—	—	—	80...320	—	—
8×13	5×8	6×12	3×5	0,1×0,2	0,5×2	0,5×2
18×24	11×15	12×22	12×24	3×6		
7	7	7	7	5...100	50...100	105...256
1	11...17	1	2...6	—	—	—
150	170	3...7	1,5...30	2...3	2,5...3,5	140...180
					50	
0,3...3,5	0,03	16...40	(0,5...25) 10^{-3}	1...10	50...110	1,5...2,5
					1,5...5	
					0,8...4,5	
—	—	60	83...95	—	60	—
60...120	60...120	120	—	—	45...60	75...90
3...5	3...5	10	10...25	10...15	10	3...5

жевый, О—К — оранжево-красный.
пульсное).

пустимая постоянная составляющая напряжения 50...300 мВ, времена реакции и релаксации 50...600 мс

2. Основные параметры светоизлучающих диодов

Тип прибора	Цвет свечения	Сила света, мкд (при токе, мА)	Прямое напряжение, В, не более	Прямой ток, мА, не более	Максимум спектрального распределения, мкм
АЛ102АМ	Красный	0,04 (5)	2,8	10	0,69
АЛ102БМ	»	0,10 (10)	2,8	20	0,69
АЛ102ВМ	Зеленый	0,25 (20)	2,8	22	0,53
АЛ102ГМ	Красный	0,20 (10)	2,8	20	0,69
АЛ102ДМ	Зеленый	0,40 (20)	2,8	22	0,53
АЛ307АМ	Красный	0,15 (20)	2	20	0,666
АЛ307БМ	»	0,9 (20)	2	20	0,666
АЛ310А	»	0,6 (10)	2	12	0,67
АЛ310Б	»	0,25 (10)	2	12	0,67
ЗЛ341А	Красный	0,15 (10)	2,8	20	0,69...0,71
ЗЛ341Б	»	0,5 (10)	2,8	20	0,69...0,71
ЗЛ341В	Зеленый	0,15 (10)	2,8	22	0,55...0,56
ЗЛ341Г	»	0,5 (10)	2,8	22	0,55...0,56
ЗА341Д	Желтый	0,15 (10)	2,8	22	0,68...0,7
ЗЛ341Е	»	0,5 (10)	2,8	22	0,68...0,7
АЛ316А	Красный	0,8 (10)	2	20	0,67
АЛ316Б	»	0,25 (10)	2	20	0,67

3. Основные параметры полупроводниковых индикаторов

Тип прибора	Цвет свечения	Сила света, мкм (при токе, мА)	Прямое напряжение, В (при токе, мА)	Прямой ток, мА (импульсный, мА)	Высота знака, мм (число разрядов)
АЛ113А	Красный	600 (5) *	2 (5)	5,5	2,5
АЛ113Б	»	350 (5) *	2 (5)	5,5	2,5
АЛ304В	Зеленый	60 (10) *	3 (10)	11	3
АЛ304Г	Красный	350 (5) *	3 (5)	11	3
АЛС314А	»	0,285 (5)	2 (5)	8 (40)	2,5
АЛС318А	»	0,950 (5)	1,9 (5)	3 (40)	2,5 (9)
АЛС318Б	»	0,950 (5)	1,9 (5)	3 (40)	2,5 (9)
АЛС321А	Желто-зеленый	0,12 (20)	3,6 (20)	25	7,5
АЛС321Б	»	0,12 (20)	3,6 (20)	25	7,5
АЛС324А	Красный	0,15 (20)	2,5 (20)	25 (300)	7,5
АЛС328А	»	0,05 (3)	1,85 (3)	5 (120)	2,6 (5)
АЛС328Г	»	0,05 (3)	1,85 (3)	5 (120)	3,75 (5)
АЛС329А	»	0,05 (3)	1,85 (3)	5 (120)	2,5 (4)
АЛС329Г	»	0,05 (3)	1,85 (3)	5 (120)	3,75 (4)
АЛС330А	»	0,05 (3)	1,85 (3)	5 (120)	3,75 (3)
АЛС330Г	»	0,05 (3)	1,85 (3)	5 (120)	5 (3)
АЛС333А, Б	»	0,2 (20)	2 (20)	25 (200)	11
АЛС334А, Б	Желтый	0,15 (20)	3,3 (20)	25 (200)	11
АЛС335А, Б	Зеленый	0,25 (20)	3 5 (20)	25 (200)	11
АЛС338А, Б	»	0,15 (20)	3,5 (20)	25 (200)	7,5
АЛС339А	Красный	0,16 (3)	1,9 (3)	5	2,5
АЛС342А	Желтый	0,45 (20)	3,5 (20)	25 (200)	9
АЛС342В	»	0,15 (20)	3,5 (20)	25 (200)	9

* Яркость, кд/м^2.

4. Соединения выводов с сегментами у полупроводниковых индикаторов

Тип индикатора	Номер вывода													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
АЛ113	e	d	ОА	c	h	b	a	ОА	g	f				
АЛ304В	e	d	ОК	c	h	b	a	ОК	g	f				
АЛ304Г	e	d	ОА	c	h	b	a	ОА	g	f				
АЛ314А	e	d	ОК	c	h	b	a	ОК	g	f				
АЛС321А	f	g	Св	ОК	Св	e	d	c	h	Св	Св	ОК	b	a
АЛС321Б	a	f	ОА	Св	Св	h	e	d	ОА	c	g	Св	h	ОА
АЛС324А	f	g	Св	ОК	Св	e	d	c	h	Св	Св	ОК	b	a
АЛС333Б	a	f	ОА	Св	Св	h	e	d	ОА	c	g	Св	b	ОА
АЛС333А	f	g	Св	ОК	Св	e	d	c	h	Св	Св	ОК	b	a
АЛС334Б	a	f	ОА	Св	Св	h	e	d	ОА	c	g	Св	b	ОА
АЛС334А	f	g	Св	ОК	Св	e	d	c	h	Св	Св	ОК	b	a
АЛС335Б	a	f	ОА	Св	Св	h	e	d	ОА	c	g	Св	b	ОА
АЛС335А	f	g	Св	ОК	Св	e	d	c	h	Св	Св	ОК	b	a
АЛС339А	g	f	ОК	e	d	c	h	ОК	b	a	—	—	—	—
АЛС342А	f	g	Св	ОК	Св	e	d	c	h	Св	Св	ОК	b	a
АЛС342Б	a	f	ОА	Св	Св	h	e	d	ОА	c	g	Св	b	ОА

Примечание. ОК — общий катод; ОА — общий анод; Св - свободный вывод не подключен. Отсчет выводов ведется от ключа.

Описанный индикатор имеет несколько меньшую надежность по сравнению с табло на ВЛИ, но это компенсируется простотой и низкой стоимостью.

5. Соединение выводов с сегментами и электродами у полупроводниковых индикаторов

Тип индикатора	Номер вывода																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
АЛС318А, АЛС318В	K_1	c	K_2	h	K_3	a	K_4	e	K_5	d	K_6	g	K_7	b	K_8	f	K_9
АЛС328А—АЛС328Г	K_1	e	c	K_3	h	d	K_5	g	K_4	f	—	b	K_2	a	—	—	—
АЛС329А—АЛС329Г	K_1	h	g	f	e	K_4	d	c	K_3	b	K_2	a	—	—	—	—	—
АЛС330А—АЛС330Г	K_1	e	c	h	Св	d	K_3	g	f	K_2	b	a	—	—	—	—	—

Примечания: 1. K_1, K_2...— катоды первого, второго и т. д. разрядов. 2 Одноименные сегменты во всех разрядах соединены и имеют общий вывод.

6. Основные параметры полупроводниковых шкальных индикаторов

Тип прибора	Цвет свечения	Сила света, мкд (при токе, мА)	Прямое напряжение, В (при токе, мА)	Прямой ток, мА (импульсный, мА)	Высота элемента, мм (число элементов)
АЛС317А	Красный	160 (10)	2 (10)	12	1,6 (5)
АЛС317Б	»	350 (10)	2 (10)	12	1,6 (5)
АЛС317В	Зеленый	80 (10)	3 (10)	12	1,6 (5)
АЛС317Г	»	320 (10)	3 (10)	12	1,6 (5)
АЛС345А	Красный	0,3 (10)	2,2 (10)	12	1,5 (8)
АЛС362А	»	0,3 (10)	2,0 (10)	12 (12)	4,5 (2)
АЛС362Б	»	0,3 (10)	2,0 (10)	12 (12)	4,5 (4)
АЛС362Г	»	0,3 (10)	2,0 (10)	12 (12)	4,5 (8)

7. Соединение выводов с электродами у шкальных полупроводниковых индикаторов

Тип индикатора	Номер вывода									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
АЛС317А, Б, В, Г	А1 (К1)	А2 (К2)	А3 (К3)	А4 (К4)	А5 (К5)	ОК (ОА)	—		—	—
АЛС345А	ОК	А2	А4	А6	А8	ОК	А7	А5	А3	А1
АЛС362А	ОА	·	—	К2	ОА	—	—	К1	—	—
АЛС362Б	А1, 3	—	—	К3, 4	А2, 4	—	—	К1, 2	—	—
АЛС362Г	А1, 3, 5, 7	К3, 4	—	К7, 8	А2, 4, 6, 8	К5, 6	—	К1, 2	—	—

Примечание. ОК — общий катод; ОА — общий анод; A_i — анод i-го сегмента; K_i — катод i-го сегмента.

8. Основные параметры одноразрядиых вакуумных люминесцентных индикаторов

Тип прибора	Яркость, кл/м^2	Угол обзора, град	Напряжение, В			Ток, мА			Высота знака, мм	Диаметр, мм	Высота, мм
			накала	сетки	анодов	накала	сетки	анодов			
ИВ3	500	80	0,7...1	20...30	20...30	25. .35	2,5 ..12	0,45	8,6	10,8	36
ИВ8	500	80	0,7...0,9	20...30	20...30	45...55	3...5	0,9	8,9	10,8	36
ИВ11	500	80	1,2...1,7	25...30	25...30	90...110	11	0,9	21	22,5	60

9. Соединение выводов с сегментами у одноразрядных вакуумных люминесцентных индикаторов

Тип индикатора	Номер вывода														Ориентир для отсчета выводов
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
ИВ-3	F	e	d	Св	c	h	G	F, п.с.	b	a	Св	g	f	Св	Укороченный вывод 14
ИВ-8	F	e	d	Св	c	h	G	F, п.с.	b	a	Св	g	f	Св	То же
ИВ-11	F, п.с.	G	c	h	b	a	g	f	e	d	F	—	—	—	Укороченный вывод 12

Примечание: F — вывод катода; G — вывод сетки; Св — свободный вывод; п.с. — проводящий слой внутренней поверхности баллона.

10. Основные параметры многоразрядных люминесцентных индикаторов

Тип прибора	Яркость, кд/м^2	Число разрядов	Напряжение, В			Ток, мА			Высота знака, мм	Диаметр индикатора, мм	Высота индикатора, мм
			накала	сетки	анодов	накала	сетки	анодов			
ИВ-18	900	8	5	50	50	85	10	45	10,5	—	115
ИВ-21	300	8	2,4	27	27	35	2	12	5	15	68
ИВ-27	350	14	5,15	24	24	160	1,9	1,5	8,65	—	132
ИВ-28А	300	8	2,4	27	27	40	2	1,5	4,7	—	—
ИВ-28Б	400	8	2,4	24	24	15	0,85	0,7	—	—	—

11. Соединеиие выводов с сегментами у многоразрядных вакуумных

Тип индикатора	Номер										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ИВ-18	F, п.с.	h	d	c	e	d_9^*	g_9^*	a_9^*	g	b	f
ИВ-21	F	g	b	f	a	G_1	G_3	G_5	G_7	F, п.с.	G_9
ИВ-27	a	f	b	g	e	c	d	h	G_6	G_5	G_7
	F, п.с.	Св	G_3	Св	G_{14}	Св	G_{12}	Св	G_{10}	G_8	Св

* Одноименные аноды-сегменты всех разрядов соединены между собой, кроме анодов-сегментов дящий слой внутренней поверхности баллона; Св — свободный вывод.

12. Соединение выводов с сегментами у многоразрядных вакуумных люминесцентных индикаторов плоской конструкции

Тип индикатора	Номер вывода																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
ИВ-28А	F, п.с.	G_9	f	G_8	g	G_7	e	G_6	d	G_5	G_4	h	G_3	c	G_2	b	G_1	a	F
ИВ-28Б	F, п.с.	f	G_9	c	G_8	e	G_7	G_6	d	G_6	G_4	h	G_3	c	G_2	G_1	b	a	F

Примечание. F — вывод катода; G_i — сетка i-го разряда; п.с. — проводящий слой внутренней поверхности баллона

13. Основные параметры вакуумных накаливаемых индикаторов

Тип прибора	Цвет свечения	Яркость, кд/м^2	Напряжение сегмента, В	Ток сегмента, мА	Импульсное амплитудное напряжение импульса, В	Высота, мм	Диаметр, мм
ИВ-9	Желтый	3000	3,15	19,5	300	35	10,8
ИВ-10	»	3000	3,15	19,5	300	35	10,8
ИВ-13	»	7000	6,3	36	300	56,5	22,5
ИВ-16	»	3000	3,15	19,5	300	29	10,8
ИВ-19	»	4000	3,6	21	300	36	26,4×21,6*
ИВ-20	»	4000	3,6	21	300	36	26,4×21,6*

* Баллон прямоугольной формы.

люминесцентных индикаторов в цилиндрическом баллоне

вывода											Ориентир для отсчета выводов
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
a	F	G_9	G_1	G_3	G_5	G_8	G_7	G_6	G_4	G_2	Укороченный 22
G_8	G_6	G_4	G_2	h	d	c	e	—	—	—	Укороченный 19
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Укороченный 11
G_9	G_{11}	Св	G_{13}	Св	G_1	Св	G_2	G_4	F	Св	Укороченный 22

девятого служебного разряда; F — вывод катода; G_1 -- G_{14} — сетка 1—14-го разрядов; п. с прово-

14. Соединение выводов с сегментами у вакуумных накаливаемых индикаторов

Тип индикатора	Номер вывода														Вид баллона и выводов
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
ИВ-9	Общий	h	b	c	a	f	g	d	e	—	—	—	—	—	Цилиндрический, гибкие
ИВ-9	»	h	Св	b	c	Св	a	f	g	Св	d	e	Св	Св	То же
ИВ-10	»	Св	Св	c	b	i	Св	k	Св	—	—	—	—	—	
ИВ-13	»	h	c	b	a	f	d	e	g	—	—	—	—	—	Цилиндрический, жесткие, расположенные согласно РШ8
ИВ-16	»	Св	b	c	a	f	g	d	e	—	—	—	—	—	Цилиндрический, гибкие
ИВ-19	c	h	g	i	b	Общий	a	f	e	d	k	—	—	—	Прямоугольный, жесткие
ИВ-20	c	h	g	i	b	Общий	a	f	e	d	k	—	—	—	Прямоугольный, гибкие

Примечания: 1. a, b, c, d, e, f, g, h, i, k — сегменты; Св — свободный вывод, общий — общий электрод. 2. Отсчет выводов ведется от укороченного вывода: для индикаторов ИВ-9 — вывод 14. Для ИВ-9, ИВ-10, ИВ-16, ИВ-19, ИВ-20 отсчет ведется от увеличенного расстояния между ножками. 3. Индикаторы типа ИВ-13 вставляются в десятигнездную ламповую панель. 4. Индикаторы типа ИВ-9 выпускают в корпусах двух типов.

15. Основные параметры одноразрядных газоразрядных индикаторов

Тип прибора	Напряжение зажигания, В	Рабочий ток, мА	Высота знака, мм	Угол обзора, град.	Вид индикации	Высота, мм	Диаметр, мм
ИН-8-2	170	0,3...3,5	18	60	Боковая	55	17
ИН-12	170	2,5...3,0	18	60	Торцевая	35	31×21*
ИН-14	170	0,3...2,5	18	60	Боковая	55	19
ИН-15	170	2,5...3,5	18	—	Торцевая	28	31×21*
ИН-16	170	0,3...2,0	13	60	Боковая	45	13
ИН-18	170	2,5...4,0	45	60	»	75	32
ИН-23	170	0,3...1,3	24	100	»	54,5	19
ИТС-1	120	0,04...0,2	15,9	120	Торцевая	25	28,5×18,6*

* Баллон прямоугольной формы.

16. Соединение выводов с электродами у газоразрядных индикаторов (одноразрядных)

Тип индикатора	Номер вывода													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ИН-8-2	Св	1	2	3	4	5	6	7	,	8	9	0	Анод	—
ИН-12А	Анод	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1	—	—	—
ИН-14	»	,	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	,	—
ИН-15А	»	μ	P	«—»	«+»	m	M	K	П	%	п	—	—	—
ИН-16	»	1	7	3	,	4	5	6	2	,	8	9	0	—
ИН-18	7	8	9	Анод	0	1	Анод	2	3	Св	4	5	Анод	6
ИН-23	Анод	K_{12}	K_{13}	K_4	K_5	K_{11}	K_6	K_{10}	K_8	K_9	K_1	K_2	K_7	K_3
ИТС1А, Б	Св	Анод первый	G_1, c	Катод	G_1, b	G_2	Подкатод	G_1, a	G_1, f	G_1, g	G_1, l	G_1, d	Св	Анод второй

Примечания: 1. G_1, G_2 — первая и вторая сетки; A, b, c, d, e, f, g — сегменты.

17. Основные параметры многоразрядных газоразрядных индикаторов

Тип прибора	Яркость, кд/м^2	Напряжение зажигания, В	Напряжение поддержания, В	Рабочий ток, мА	Угол обзора, град	Число знаков	Габаритные размеры, мм
ГИП-11	100	200	170	0,03	120	11	121,5×31
ИГП-17	100	190	170	0,025	120	17	175×45

18. Соединение выводов с электродами у газоразрядных индикаторов (многоразрядных)

Тип индикатора	Номер вывода														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ГИП-11	A_1	A	A_2	f	e	A_3	c	A_4	e	d	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9
ГИП-17	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	A_6	A_7	A_8	A_9	A_{10}	A_{11}	A_{12}	A_{13}	A_{14}	A_{15}

Окончание табл.

Тип индикатора	Номер вывода																
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
ГИП-11	h	A_{10}	g	m	A_{11}	b	A_{12}	A_{13}	—	—	—	—	—	—	—	—	—
ГИП-17	A_{16}	A_{17}	A_{18}	A_{19}	m	n	l	p	g	e	c	d	h	b	f	a	q

Примечания: 1. Для ГИП-11 аноды A_1 и A_{13} — вспомогательные, A_2 — A_{12} — аноды знакомест. 2. Для ГИП-17 аноды A_1, A_2, A_{19} — вспомогательные, A_3 — A_{18} — аноды знакомест.

19. Основные параметры газоразрядных линейных индикаторов

Тип прибора	Цвет свечения	Яркость, кд/м^2	Напряжение зажигания, В	Напряжение горения, В	Ток, мА	Длина светящегося столба, мм	Число единиц шкалы
ИН-9	ОК	40	100	—	12	95	—
ИН-13	ОК	30	140	105	2,5	112	—
ИН-20	РФ	—	400	270	2	140	100
ИН-26	РФ	3500	360	170	2	100	133
ИН-30	ОК	100	235	160	2	114,8	105
ИН-33	ОК	100	235	160	2	114,8	105×2
ИГТ1-256	ОК	105	330	—	3	127,5	256

Примечание: ОК — оранжево-красный; РФ — розовато-фиолетовый.

20. Соединение выводов с электродами у газоразрядного индикатора ИГТ1-256

Тип индикатора	Номер вывода								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ИГТ1-256	Анод вспомогательный	Катод вспомогательный	Катод нулевой	Анод	Первая группа катодов	Вторая группа катодов	Третья группа катодов	Четвертая группа катодов	Пятая группа катодов

21. Обозначение индикаторов

Современные обозначения индикаторов содержат семь элементов.

Первый элемент: буква И, обозначающая принадлежность прибора к ЗСИ.

Второй элемент: буква, обозначающая вид индикатора; Н — вакуумные накапливаемые, Л — вакуумные электролюминесцентные, Ж — жидкокристаллические, П — полупроводниковые.

Третий элемент: буква, характеризующая отображаемую информацию; Д — единичная, Ц — цифровая, В — буквенно-цифровая, Т — шкальная, М — мнемоническая, Г — графическая.

Четвертый элемент: число — порядковый номер разработки; номер с 1 по 69 — индикаторы без встроенного управления, с 70 по 99 — с встроенным управлением.

Пятый элемент: буква, указывающая принадлежность индикатора к одной из классификационных групп приборов, изготовленных по общему технологическому процессу. Используются буквы русского алфавита от А до Я (не употребляются З, О, Ы, Ь, Ъ, Ч, Ш, Щ).

Шестой элемент: дробь или произведение, характеризующие информационное поле индикатора (кроме единичных индикаторов). Для одноразрядных и многоразрядных сегментных индикаторов — дробь, числитель которой — число сегментов, знаменатель — число разрядов. Для одноразрядных и многоразрядных матричных индикаторов — дробь, числитель которой — число разрядов, знаменатель — произведение числа элементов в строке на число элементов в столбце. Для матричных индикаторов без фиксированных знакомест — произведение числа элементов в строке на число элементов в столбце. Для мнемонических и шкальных индикаторов шестой элемент указывает число элементов индикатора.

Седьмой элемент: буква, обозначающая цвет свечения. Для одноцветных индикаторов: К — красный, Л — зеленый, С — синий, Ж — желтый, Р — оранжевый, Г — голубой (для одиночных и полупроводниковых индикаторов всех видов). Для многоцветных индикаторов всех видов — буква М.

Обозначение бескорпусных полупроводниковых индикаторов содержит цифру — восьмой элемент, определяющий модификацию конструктивного исполнения: 1 — с гибкими выводами без кристаллодержателя — подложки; 2 — с гибкими выводами на кристаллодержателе; 3 — с жесткими выводами без кристаллодержателя; 4 — с жесткими выводами на кристаллодержателе; 5 — с контактными площадками без кристаллодержателя и выводов; 6 — с контактными площадками на кристаллодержателе без выводов, кристалл на подложке; 7 — с жесткими выводами без кристаллодержателя, неразделенные на общей пластине; 8 — с контактными пластинами без кристаллодержателя и выводов, на общей пластине.

Справочные данные микросхем для управления индикаторами

Серия К155:

К155ИД1 (КМ155ИД1)	— высоковольтный дешифратор для управления газоразрядными индикаторами
К155ИД8А, К155ИД8Б	— дешифратор для управления неполной матрицей 7×5 на единичных полупроводниковых ЗСИ
К155ИД9	— дешифратор для управления неполной матрицей 7×4 на единичных полупроводниковых ЗСИ

Серия К161:

К161ИД1	— дешифратор двоичного трехразрядного кода
К161ИЕ2	— комбинированный двоичный счетчик со сквозным переносом на три разряда
К161КН1	— семиканальный коммутатор с инверсными входами

К161КН2 — семиканальный коммутатор с прямыми входами
К161ПР1 — преобразователь кода 8-4-2-1, 2-4-2-1 в позиционный код сегментных цифровых индикаторов
К161ПР2 — преобразователь кода 8-4-2-1 в позиционный код сегментных цифровых индикаторов
К161ПР3 — преобразователь кода 8-4-2-1 в позиционный код индикатора

22. Основные параметры микросхем КМ155ИД8А, КМ155ИД8Б, КМ155ИД9

Параметр	КМ155ИД8А КМ155ИД8Б	КМ155ИД9	Режим измерения *
$I^0_{вх}$, мА, не более	—1,6	—1,6	а, б
$I^1_{вх}$, мА, не более	0,04	0,04	а, б
$I_{вх\ пр}$, мА, не более	1	—	а, г
$U^0_{вых}$ (на выходе, стыкующемся с одним ППИ; $I_н=10$ мА), В, не более	4	4	д, е
$U^0_{вых\ min}$ (на выходе, стыкующемся с одним ППИ; $I_н=10$ мА), В, не менее	2,3		д, е
$U^0_{вых}$ (на выходе, стыкующемся с двумя последовательно соединенными ППИ; $I_н=10$ мА), В, не более	2,3	2,3	д, е
$U^0_{вых\ min}$ (на выходе, стыкующемся с двумя последовательно соединенными ППИ; $I_н=10$ мА), В, не менее	1		д, е
$I_{х.\ х}$, мА, не более	65	65	а
$I_{ут\ вых}$, мА, не более	0,2	0,2	а
$t^{1,0}_{зд\ р}$, нс, не более	100	100	ж

* а) $U_{и\ п}=5,5$ В; б) $U_{пр\ в}=0,4$ В; в) $U_{пр\ в}=2,4$ В; г) $U_{пр\ к}=5,5$ В; д) $U_{и\ п}=4,5$ В; е) $I_н=10$ мА; ж) $U_{и\ п}=5$ В.

23. Основные параметры микросхем К155ИД1, КМ155ИД1

Параметр	Значение	Режим измерения *
$P_{пот}$, мВт, не более	132	
$I_{пот}$, мА, не более	25	
$I^1_{вх}$, мА, не более	0,04 (вывод 3); 0,08 (выводы 4, 6, 7)	а — в
$I^0_{вх}$, мА, не более	—1,6 (вывод 3); —3,2 (выводы 4, 6, 7)	а — в
$U^0_{вых}$, В, не более	2,5	г

* а) $U_{и\ п}=2,4$ В; б) $U_{и\ п}=5,25$ В; в) $U_{пр\ в}=0,4$ [illegible] $_{п}=4,75$ В.

24. Основные параметры микросхем К161КН1, К161КН, К161КН2

Параметр	Значение	Режим измерения *
$I_{ут.\ вх}$, мкА, не более	1	а
$I_{ут\ вых}$, мкА, не более	8	б, в, г
$U^0_{вых}$, В, не менее	—4	б, в, г
$I_{пот}$, мА, не более	1,2	

* а) $U_{и\ п}=-25$ В; б) $U_{и\ п}=-30$ В; в) $U^0_{вх}=-3$ В; $U_{вых}=-60$ В.

Предельно допустимые эксплуатационные данные микросхем К161КН1, К161КН2:

Напряжение источника питания в течение не более 5 мкс, В	—40
Напряжение коммутации выходных ключей в течение не более 5 мкс, В	—70
Напряжение, В:	
$U^1_{вх}$	—(8,5...24)
$U^0_{вх}$	0...—3
Напряжение положительной полярности на входе, В	—(24...30)
Напряжение коммутации выходных ключей, В	0...—60
Ток открытого ключа ($\tau \leqslant 5$ мкс), мА	35
Суммарный ток открытых ключей, мА	30

Примечание. Информация на входных выводах не должна изменяться в течение перехода импульса разрешения 1 в 0 и не менее 5 мкс после его окончания.

25. Основные параметры микросхем К161ИД1, К161ИЕ2

Параметр	К161ИД1	К161ИЕ2
$U^0_{вых}$, В, не менее	—3 *	—1,5 **
$U^1_{вых}$, В, не более	—10 *	—10 **
$I_{ут\ вх}$, мкА, не более	0,1	0,1
$I_{пот}$, мА, не более	5	1,5
$I_{пот}$, мА, не более	0,01	1,3
$f_р$, кГц, не более	200	200

* $U^0_{вх} = -3{,}5$ В: $U^0_{вх} = -9{,}5$ В.
** $U^0_{вх} = -3{,}0$ В; $U^0_{вх} = -8{,}5$ В; $U_{вх\ А} = -10$В, $\tau_и = 50$ мкс.

Предельно допустимые эксплуатационные данные микросхем К161ИД1, К161ИД2:

Напряжение источника питания, В:	
$U_{и.\ п1}$	—11,3...—14
$U_{и\ п2}$	—24,3...—30
Кратковременное напряжение источника питания в течение не более 5 мс, В:	
$U_{и\ п1}$	—20
$U_{и\ п2}$	—40
Разность между напряжением источников питания 1 и 2, В	20
Входное напряжение, В:	
$U^1_{вх}$	—(8,5...14)
$U^0_{х}$, не менее	—(3,5...3)
Напряжение положительной полярности на любом выводе по отношению к общему выводу, В	0,5

26. Основные параметры микросхем К161ПР1, К161ПР2

Параметр	Значение параметра	Режим измерения *
$U^1_{о\ кл}$, В, не более	2	1, 3, 5, 6, 9—12, 14
$I_{ут.\ кл}$, мкА, не более	2	1, 3, 5, 6, 9—12, 14
$I_{ут\ вх}$, мкА, не более	0,5	1
$C_{вх}$, пФ, не более	4	7, 8, 13
$I_{пот}$, мА, не более	1,8	2, 4, 5, 6, 11, 12, 14

* 1) $U_{и\ п} = -24$ В; 2) $U_{и\ п} = -30$ В; 3) $U^1_{вх} = 8$ В; 4) $U^1_{вх} = -8{,}5$ В; 5) $U^0_{вх} = -3$ В; 6) $U_{азп} = -9$ В[2]; 7) $U_{см} = 1{,}5 \pm 0{,}5$ В; 8) $U_{дейст} = 0{,}5$ В; 9) $U_{ип\ кл} = -30$ В, 10) $I_{кл} = 0{,}8$ мА[3]; 11) $\tau_{вх} \geqslant 60$ мкс; 12) $\tau_{азп} \geqslant 1$ мкс; 13) $f = 10...1000$ кГц; 14) $Q \geqslant 5$.

Примечание: $U_{о\ кл}$ — падение напряжения на открытом ключе; $U_{азп}$ — амплитуда напряжения импульса записи; $I_{кл}$ — ток в цепи выходного ключа.

27. Основные параматры микросхем К161ПР3

Параметр	Значение	Режим измерения *
$I_{ут\ вх}$, мкА, не более	1	1
$I_{ут.\ вых}$, мкА, не более	3	2, 3, 5—7
$U^0_{вых}$, В, не менее	—4	2, 3, 5—7, 8
$C_{вх}$, пФ, не более	5	9
$I_{пот}$, мА, не более	1,8	2, 3

* 1) $U_{и\ п} = -25$ В; 2) $U_{и\ п} - 30$ В; 3) $U^1_{вх} = -8{,}5$ В; 5) $U^0_{вх} = -3$ В; 6) $U_{вых} = -60$ В; 7) $\tau_{и\ вх} \geqslant 6{,}6$ мкс; 8) $\tau_{азп} \geqslant 1$ мкс; 9) $f = 100...1000$ кГц.

Предельно допустимые эксплуатационные данные К161ПР1, К161ПР2, К161ПР3:

Напряжение источника питания, В:
- К161ПР3 в течение не более 5 мкс .... —40
- К161ПР1, К161ПР2 в течение не более 5 мс .... —40

Напряжение коммутации выходных ключей, В:
- К161ПР3 в течение не более 5 мкс .... —70
- К161ПР1, К161ПР2 в течение не более 5 мс .... —40

Напряжение:
- $U^1_{вх}$ .... —(8,5...24)
- $U^0_{вх}$ .... 0...—3

Напряжение положительной полярности на входе, В 0,5

Напряжение источника питания, В .... —(24...30)

Напряжение коммутации выходных ключей К161ПР3, В .... 0...—60

Ток открытого ключа, мА:
- К161ПР1, К161ПР2 1
- К161ПР3 2,5

Для К161ПР1 и К161ПР2:

длительность импульса разрешения записи, мкс, не менее 1

период следования импульсов разрешения записи, мкс:
- не менее 1
- не более 10

длительность входного сигнала, мкс, не менее 6

Примечание. Информация на входных выводах микросхем не должна изменяться в течение перехода импульса разрешения 1 в 0 и не менее 5 мкс после его окончания.

Допустимое значение электростатического потенциала для микросхем серии К161 — 200 В.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бирюков С. А.** Цифровые устройства на интегральных микросхемах.— М.: Радио и связь, 1987.
2. **Быстров Ю. А., Литвак Н. И., Персианов Г. М.** Электронные приборы для отображения информации.— М.: Радио и связь, 1985.
3. **Вуколов Н. И., Михайлов А. Н.** Знакосинтезирующие индикаторы: Справочник.— М.: Радио и связь, 1987.
4. **Згурский В. С., Лисицын Б. Л.** Элементы индикации: Справочник.— М.: Энергия, 1980.
5. **Интегральные** микросхемы: Справочник/Под ред. П. В. Тарабрина.— М.: Энергоатомиздат, 1985.
6. **Лисицын Б. Л.** Низковольтные индикаторы. Справочник: — М.: Радио и связь, 1985.
7. **Мальцева Л. А., Фромберг Э. М., Ямпольский В. С.** Основы цифровой техники.— М.: Радио и связь, 1986.
8. **Проектирование** аналого-цифровых систем на интегральных микросхемах/Под ред. Б. А. Шамрая.— Л.: Машиностроение, 1976.
9. **Яблонский Ф. М., Троицкий Ю. В.** Средства отображения информации.— М.: Высшая школа, 1985.
10. **Алексеев С.** Применение микросхем серии К155 // Радио.— 1986.— № 7.
11. **Алексеев С.** Применение микросхем серии К176 // Радио.— 1984.— № 4, 5.
12. **Ануфриев А.** Многофункциональные электронные часы с динамической индикацией // В помощь радиолюбителю.— М.: ДОСААФ. Вып. 93.— С. 11—41.
13. **Асеев В.** Экономичный индикатор настройки // Радио.— 1982.— № 9.
14. **Бирюков С.** Динамическая индикация // Радио.— 1979.— № 12.
15. **Бутев В.** Индикатор отклонений сетевого напряжения // Радио.— 1985.— № 6.
16. **Владимиров Ф.** Индикатор максимального уровня // Радио.— 1983.— № 5.
17. **Георгиев К.** Часы-будильник из набора «Старт-7176». // Радио.— 1986.— № 7.
18. **Гесин Я., Короткевич Г.** Схема управления семисегментными электролюминесцентными индикаторами // Приборы и техника эксперимента.— 1981.— № 4.
19. **Деревягин А., Кожемякин А., Тарасов М.** Микросхема управления индикатором К564ИК2 // Электронная промышленность.— 1984.— № 6.
20. **Дмитриев Н.** ИКУ с расширенным диапазоном индикации // Радио.— 1985.— № 7.
21. **Дмитриев Н., Феофилактов Н.** Измерители квазипикового уровня // Радио.— 1984.— № 3, 4.
22. **Дробница Н.** Дистанционный указатель ориентации // Радио.— 1986.— № 5.
23. **Зайцев И.** Логарифмический индикатор // Радио.— 1982.— № 5.
24. **Изаксон И., Заика В., Колесников П., Сало Н.** Измеритель уровня записи // Радио.— 1984.— № 10.
25. **Индикатор** «нуля» с тремя светодиодами // Радио.— 1983.— № 5.
26. **Индикатор** точной настройки // Радио.— 1984.— № 5.
27. **Казюлин Вас., Казюлин Вит.** Цифровой индикатор настенного табло // Радио.— 1986.— № 1.
28. **Карташов С.** Логический пробник с одним светодиодом // Радио.— 1986.— № 3.
29. **Кияшко В.** Дешифратор для семисегментного индикатора // Радио.— 1982.— № 11.

30. **Комбинированный** индикатор уровня // Радио.— 1982.— № 6.
31. **Коробейников В., Кунаков С.** Световые индикаторы напряжения // Радио.— 1984.— № 12.
32. **Кривишвили М., Некрасов А.** Светозвуковой индикатор-пробник // Радио.— 1985.— № 4.
33. **Куземко В.** Методы динамической индикации // Приборы и системы управления.— 1972.— № 1.
34. **Лехин С., Тарасенко С.** Схема динамического управления семисегментными вакуумными люминесцентными индикаторами // Приборы и техника эксперимента.— 1985.— № 6.
35. **Логические** пробники // Радио.— 1980.— № 3.
36. **Лукьянов Д.** Многофункциональный индикатор // Радио.— 1984.— № 11.
37. **Лукьянов Д.** Измерители уровня сигнала на ИС К157ДА1 // Радио.— 1985.— № 12.
38. **Малышев В.** Динамическая индикация способом досчета // Радио.— 1984.— № 3.
39. **Мацепуро В.** Устройство упрощенной динамической индикации // Радио.— 1982.— № 3.
40. **Николаев Е.** О питании люминесцентных цифровых индикаторов // Радио.— 1982.— № 1.
41. **Павлов В., Глебов С.** Контроль работоспособности цифровых устройств // Радио.— 1987.— № 4.
42. **Переводчиков С.** Логический пробник с двумя светодиодами // Радио.— 1986.— № 3.
43. **Пиковые** индикаторы мощности // Радио.— 1982.— № 9.
44. **Потаненко О.** Динамическая индикация с гашением незначащих нулей // Радио.— 1985.— № 12.
45. **Ралько А.** Автоматическая регулировка яркости газоразрядных индикаторов // Радио.— 1982.— № 1.
46. **Самойлов Ю.** Управление семисегментными индикаторами // Радио.— 1980.— № 10.
47. **Светодиод** — индикатор сетевого напряжения // Радио.— 1982.— № 10.
48. **Селицкий А.** Пробник-индикатор напряжения // Радио.— 1986.— № 3.
49. **Сергеев В.** Импульсный матричный осциллограф // Радио.— 1986.— № 3.
50. **Строганов Е.** Аналоговые коммутаторы для согласования с индикаторами // Радио.— 1985.— № 2.
51. **Тесленко Л.** Универсальный индикатор // Радио.— 1985.— № 11.
52. **Усков Ю.** Пиковый индикатор // Радио.— 1985.— № 7.
53. **Федоров С.** Индикатор выходной мощности // Радио.— 1983.— № 3.
54. **Хоменков Н., Зверев А.** Цифровой термометр // Радио.— 1985.— № 1.
55. **Челебаев М.** Индикаторы на светодиодах // Радио.— 1983.— № 2.
56. **Четыре** цвета из двух // Радио.— 1984.— № 2.
57. **Чумаков А.** Дисплей на цифровых индикаторах // Радио.— 1984.— № 11.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Научно-популярное издание

Массовая радиобиблиотека. Вып. 1134

БЫСТРОВ ЮРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ
ГАПУНОВ АЛЕКСАНДР ПЕТРОВИЧ
ПЕРСИАНОВ ГЕОРГИЙ МИХАЙЛОВИЧ

СТО СХЕМ С ИНДИКАТОРАМИ

Руководитель группы МРБ И. Н. Суслова
Научный редактор А. И. Гусев
Редактор издательства Т. В. Жукова
Художник А. С. Дзуцев
Художественный редактор Н. С. Шеин
Технический редактор З. Н. Ратникова
Корректор Т. Л. Кускова

ИБ № 1748

Сдано в набор 21.09.89. Подписано в печать 14.05.90. Т-08935. Формат $60\times88^1/_{16}$. Бумага офсетная № 2. Гарнитура литературная. Печать офсет. Усл. печ. л. 6,86. Усл. кр.-отт. 7,11. *Уч.-изд. л. 8,10. Тираж 150 000 экз. Изд. № 22318. Зак. № 3485. Цена 60 к.*

Издательство «Радио и связь». 101000 Москва, Почтамт, а/я 693

Ордена Октябрьской Революции и ордена Трудового Красного Знамени МПО «Первая Образцовая типография» Государственного комитета СССР по печати. 113054, Москва, Валовая, 28